

Annales de zoologie écologie animale

Trimestriel

1976

Vol. 8 . N° 2

inra

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Ann. Zool. - Écol. anim. AZEAAR 8 (2) 139-287 (1976)

AZE8.2

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, 75007 PARIS, Tél. : 551-41-09.

Directeur général : R. FÉVRIER

Directeur général adjoint : J. POLY

Inspecteurs généraux : E. BILIOTTI, P. BOUVAREL, C. CALET, A. CAUDERON,
G. FAUCONNEAU, G. JOLIVET, R. PÉRO, J. REBISCHUNG

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. POLY

Annales agronomiques.

- J. CHAUSSIDON, Chef du Département de Science du sol, C. N. R. A.
- L. GACHON, Chef du Département d'Agronomie, 63100 Clermont-Ferrand.
- M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie, C. N. R. A.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

- M. RIVES, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes, I. N. R. A.
11, rue Jean-Nicot, 75007 Paris.

Annales de Phytopathologie.

- J. PONCHET, Chef du Département de Pathologie végétale, 06602 Antibes.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

- E. BILIOTTI, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales de Zootechnie.

- A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
- A. RÉRAT, Chef du Département de Nutrition, C. N. R. Z.

Annales de Technologie agricole.

- P. DUPUY, Chef du Département de Technologie des Produits végétaux, 21034 Dijon Cedex.
- A. GUILBÔT, Directeur de la Station de Biochimie et Physico-Chimie des Céréales et de leurs Dérivés C. E. R. D. I. A., Le Noyer-Lambert, 91300 Massy.
- B. L. DUMONT, Directeur du Laboratoire de Recherches sur la Viande, C. N. R. Z.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

- G. FAUCONNEAU, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
- A. FRANÇOIS, Directeur de Recherche à l'I. N. R. A., Directeur du Centre national de Coordination des Études et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation.
- C. THIBAUT, Directeur de Recherches à l'I. N. R. A.

Annales des Sciences forestières.

- P. BOUVAREL, Inspecteur général de la Recherche agronomique, Chef du Département de Recherches forestières, C. N. R. F.
- J. PARDÉ, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

- P. MÉRAT, Directeur de la Station de Génétique factorielle, C. N. R. Z.
- B. VISSAC, Chef du Département de Génétique animale, C. N. R. Z.

Apidologie (Revue franco-allemande, co-édition I. N. R. A.-Deutscher-Imkerbund).

- J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, 91440 Bures sur Yvette.

Annales de Recherches vétérinaires.

- P. LARVOR, Directeur de la Station de Physiopathologie de la Nutrition, Theix, Saint Genès Champanelle, 63110 Beaumont.

Annales d'Hydrobiologie.

- C. THIBAUT, Directeur de Recherches à l'I. N. R. A.
- J. LECOMTE, Chef du Département d'Hydrobiologie, C. N. R. A.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION

Service des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78000 VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

annales
de
zoologie
écologie animale

Trimestriel

1976

Vol. 8 . N° 2

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
à l'exception des résumés

PESTICIDES MICROBIENS ET ENVIRONNEMENT

P. GRISON, D. MARTOURET*, B. SERVAIS et Monique DEVRIENDT*

Station de Zoologie et de Biocénétique forestières, I. N. R. A.,

* Station de Lutte biologique, I. N. R. A.,

La Minière, 78000 Versailles

RÉSUMÉ

L'emploi de nouveaux pesticides à base de germes entomopathogènes, tels que *Bacillus thuringiensis*, pose le problème de connaître le devenir des microorganismes introduits et dispersés massivement dans les écosystèmes agricoles ou forestiers pour y déterminer la régulation des pullulations d'insectes ravageurs. Dans cet objectif, il a été procédé à la mise au point d'une part d'un échantillonnage du milieu aérien en comparant les performances de plusieurs types de capteurs et d'autre part de prélèvements de sol permettant d'explorer distinctement la litière végétale superficielle et les couches souterraines qu'elle recouvre.

Des informations ont été obtenues sur la portée de la dispersion et les profils de distribution des spores de *B. thuringiensis*, à l'occasion de diverses interventions phytosanitaires réalisées à l'échelle pratique dans des peuplements forestiers et visant à limiter la nuisance de Lépidoptères défoliateurs comme *Thaumetopoea pityocampa* la Chenille Processionnaire du Pin et *Zeiraphera diniana*, la Tordeuse du Mélèze : les spores du germe peuvent être transportées par les courants aériens au long d'une vallée jusqu'à 15 km du point d'émission ; des ascendances leur permettent également de franchir des lignes de crête dont l'altitude s'élève à plus de 300 mètres au-dessus de la limite supérieure de l'épandage.

Les investigations qui ont été poursuivies régulièrement dans chaque zone d'intervention ont permis d'y étudier la survie et la persistance du germe : tandis que dans la strate aérienne, après deux à trois années, les spores de *B. thuringiensis* deviennent indétectables avec les capteurs utilisés par suite d'une grande dispersion, au niveau des couches superficielles du sol leur accumulation qui demeure plus aisément décelable semble devoir permettre d'en étudier plus longuement la persistance.

Les essais qui ont été effectués par ailleurs pour apprécier l'influence des facteurs du milieu sur la survie des germes, démontrent l'effet protecteur des peuplements forestiers, à propos du rôle des rayons ultraviolets et du rayonnement solaire. Il apparaît que les modalités de contamination jouent un rôle prépondérant dans les réactions à l'égard des facteurs du milieu.

I. — INTRODUCTION ET MÉTHODOLOGIE

L'atmosphère terrestre comporte des milliers ou des millions d'essaims de microorganismes : beaucoup sont tués par leur exposition aux éléments du milieu atmosphérique ; mais quelques-uns survivent et représentent les formes les plus

résistantes de la vie à la surface du globe. Ils peuvent alors se disperser de champ en champ ou même à travers les continents et certains d'entre eux sont des germes pathogènes pour l'Homme, les animaux ou les plantes.

L'étude des microorganismes viables en suspension dans l'air est particulièrement difficile. Elle peut être analogue à celle des micro-particules inertes soumises à l'action des facteurs physiques de l'atmosphère dont le brassage est incessant.

La première démarche est l'échantillonnage à la fois qualitatif et quantitatif. De nombreux capteurs et méthodes d'analyse ont été décrits sans qu'il soit nécessaire de les citer.

Les concentrations de microorganismes décroissent rapidement depuis la distance de la source émettrice et avec le délai qui suit l'émission, en sorte que les détections quantitatives deviennent difficilement interprétables et peu significatives en dessous d'un certain seuil.

L'industrie comme l'agriculture sont des émetteurs permanents de micro-particules et de micro-organismes qui s'ajoutent aux sources naturelles de ce vaste aérosol dans lequel nous nous trouvons plongés à la surface du globe. Nous ne discuterons pas ici du degré de nocuité ou de pathogénéité de quelques-uns d'entre eux : heureusement certains peuvent être considérés comme indifférents ou neutres à l'égard de l'Homme et des animaux supérieurs en sorte qu'ils peuvent être pris comme « simulateurs » dans les expériences.

Tel est le cas dans lequel peut être placé *Bacillus thuringiensis* BERLINER, bactérie Gram positif sporulante de la famille des Bacillacées. Il se distingue des autres espèces de la famille (*B. anthracis*, *B. subtilis*, *B. cereus*) par la formation au moment de la sporulation d'un cristal rhomboédrique (HANNAY, 1953) de nature protéique et qui est l'élément toxique neurotrope plus ou moins virulent pour de très nombreuses chenilles ou larves de Lépidoptères et seulement pour cet ordre d'insectes. Notre propos n'est pas de décrire les caractéristiques morphologiques ni le mécanisme de son action entomopathogène (consulter le traité de H. D. BURGESS et N. W. HUSSEY, 1971).

Depuis ces vingt dernières années l'idée, déjà émise par PASTEUR, d'utiliser les germes entomopathogènes en lutte biologique contre les insectes nuisibles fut développée jusqu'à de récentes conclusions pratiques grâce aux progrès accomplis dans le domaine de la pathologie des Invertébrés. La notion d'insecticide microbien peut être diversement interprétée, mais elle s'est traduite par la mise au point, à l'échelle industrielle, de préparations (à base de *Bacillus thuringiensis* et de virus d'insectes) dont la sélectivité nocive à l'égard des insectes nuisibles offre de larges garanties d'innocuité vis-à-vis de l'Homme, des animaux et mêmes des insectes entomophages et des abeilles.

Le problème traité ici ne se rapporte donc pas à l'une ou l'autre méthode de lutte microbiologique, mais plutôt au devenir des germes inoffensifs largement dispersés dans la nature (forêts et cultures) et plus particulièrement au comportement des spores de *B. thuringiensis* dans l'atmosphère (distribution et stabilité des germes, survie des microorganismes et influence des facteurs de l'environnement) ; nous négligerons les problèmes relatifs à l'épizootologie (GRISON, 1962). Quant aux problèmes généraux sur l'ensemble de ces questions on se référera à l'excellent ouvrage « Airborne Microbes » édité par P. H. GREGORY et J. L. MONTEITH (1967).

Les spores et les cristaux toxines recueillis après centrifugation des cultures

bactériennes industrielles sont généralement mis en formules d'usage agricole ; ils sont plus ou moins dilués dans une phase solide ou liquide, ou « charge », de nature et de composition chimique parfaitement définies, selon qu'il s'agit d'une formule granulée, d'une poudre pour poudrage, d'une poudre mouillable utilisable par pulvérisation mécanique en suspension aqueuse, ou bien d'une crème émulsifiable utilisable par pulvérisation pneumatique à bas volume. Dans tous les cas, les dimensions de la spore et du cristal toxine inférieures à 5μ sont parfaitement compatibles avec les caractéristiques physiques et les dimensions des particules requises selon le mode de dispersion envisagé (ZEUMER H., 1956) qui recourt aux appareils d'épandage terrestres ou aériens habituellement utilisés en agriculture (GRISON, 1959 ; GRISON *et al.*, 1971 ; MARTOURET et AUER, sous presse).

Pour notre propos, relatif au comportement et à la viabilité des germes dispersés artificiellement dans la nature, il est essentiel de pouvoir procéder, aussi rigoureusement que possible, à la détection des spores bactériennes dans la nature (GERMAN, 1963 ; NOBLE, in *Airborne Microbes*, 1967 ; SALEH *et al.*, 1969).

Au piégeage « statique », consistant à recueillir les spores tombant par gravité sur une culture gélosée en boîte de Petri disposée à l'air libre, nous avons préféré le piégeage « dynamique » qui consiste à aspirer un certain volume d'air dans un capteur ou barboteur dont la qualité et la fidélité des performances nettement supérieures à toute méthode de récolte statique, ont été testées par ailleurs (GRISON, BOURGUIGNON, 1965).

Deux types de capteurs ont été utilisés ⁽¹⁾ :

— des filtres à membrane « Millipore » ayant des pores calibrés à $0,45 \mu$, un diamètre de 47 mm et qui ont été placés dans des supports filtres, ces pièges se comportent en barrière infranchissable étant donné les dimensions des spores (supérieures à 1μ) et des cristaux (entre $0,5$ et 1μ) (fig. 1) ;

— des « impingers » de Gelman ⁽²⁾ à piégeage en liquide qui fonctionnent par projection de la colonne d'air pollué sur 3 cc d'eau stérile (fig. 2).

Plus récemment les investigations poursuivies jusqu'alors dans la strate aérienne ont été complétées par l'analyse de prélèvements de sol, à l'aide de techniques analogues à celles utilisées en 1970 par SALEH *et al.* : pour explorer distinctement la couverture superficielle que constitue la litière de débris végétaux et la couche supérieure du substrat qu'elle recouvre, les échantillons d'un volume unitaire de 100 ml sont prélevés sur 50 cm² de surface (2×25), en opérant d'abord entre 0 et 2 cm, puis entre 2 et 4 cm de profondeur. Chacun d'eux est agité fortement dans 500 ml d'eau distillée stérile et après décantation rapide, la phase liquide est recueillie pour examen bactériologique.

La stérilité de l'appareillage a toujours fait l'objet de contrôles particuliers et notamment celle des « capteurs aériens », qui régulièrement ont été soumis à des épreuves « à blanc » effectuées dans un peuplement forestier non traité proche de Mantes-la-Jolie (fig. 3).

Le dénombrement des éléments bactériens viables recueillis au cours des opéra-

⁽¹⁾ Ces recherches ont été réalisées avec le concours de la Direction des Recherches et Moyens d'Essais et du Centre d'Études du Bouchet que nous remercions bien vivement.

⁽²⁾ « Impinger » : cet anglicisme (de to impinge = heurter, entrer en collision) désigne un capteur de particules qui fut utilisé à l'origine aux U.S.A., et dont le principe de fonctionnement est le suivant : l'échantillon gazeux aspiré par dépression est projeté perpendiculairement à la surface d'un liquide, généralement de l'eau, où sont recueillis les éléments qui se trouvent en suspension dans le prélèvement gazeux.

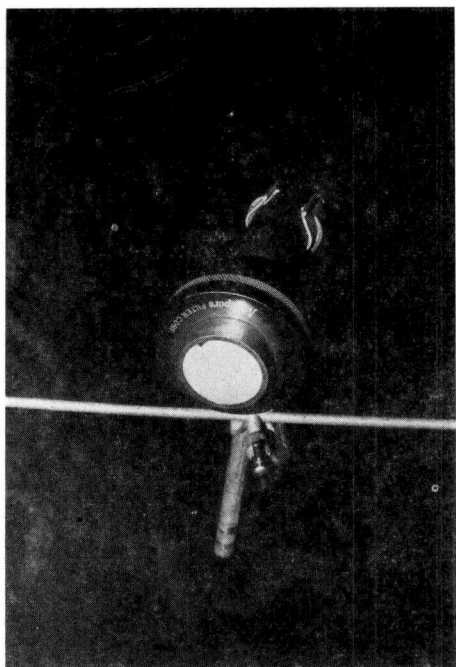


FIG. 2. — Capteur à membrane filtre

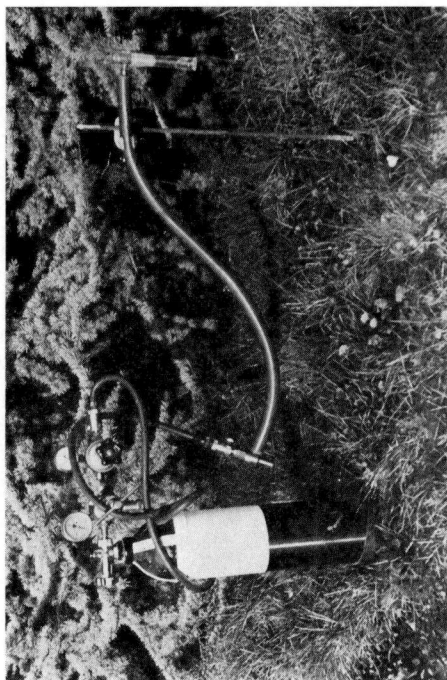


FIG. 3. — Infrastructure d'un poste autonome de prélèvement dynamique d'atmosphère

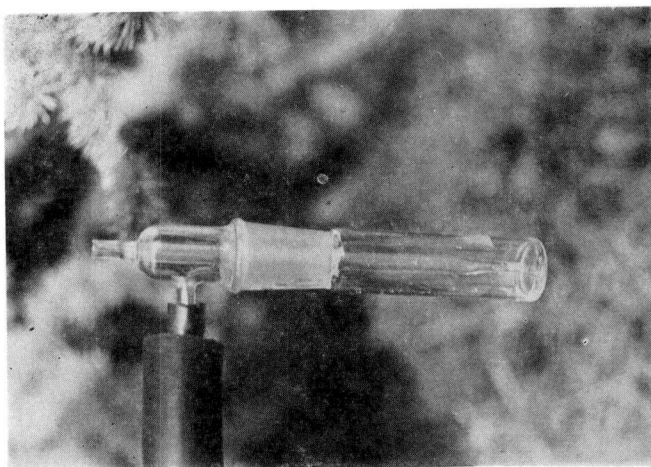


FIG. 1. — « Impinger » de Gelman

tions de prélèvement a été effectué, au laboratoire, selon les techniques bactériologiques habituelles de mise en culture qui ont été rappelées par ailleurs (GRISON et BOURGUIGNON, 1965 ; GRISON, MARTOURET et SERVAIS, 1965).

Le caractère « cristallifère » qui est considéré comme un critère taxinomique de *B. thuringiensis* (BREED *et al.*, 1957) a été utilisé pour identifier la bactérie, et dans cet objectif, la présence des cristaux-toxine a été contrôlée systématiquement dans les cultures à chacun des dénombrements : le nombre moyen de spores viables a été exprimé par unité de volume du substrat étudié et pour les examens d'atmosphère il répond à la formule suivante :

$$\frac{\text{nombre moyen de colonies } B. thuringiensis \times \text{coefficient de dilution}}{\text{débit global du capteur}}$$

Pour éprouver la méthode de piégeage des spores comme pour tester l'efficacité insecticide de l'intervention microbiologique qui sert de support à l'expérimentation, la concentration en cristaux toxine a été aussi appréciée simultanément, dans quelques circonstances, à l'aide de la méthode d'essais biologiques de A. BURGERJON (1962) ⁽¹⁾ : la concentration en toxine cristalline déposée sur l'aliment végétal est évaluée par la « Réduction de Consommation » (RC %) que manifeste l'insecte-test, laquelle est directement proportionnelle à la quantité de cristaux recueillie.

II. — PORTÉE DE LA DISPERSION, PROFILS DE DISTRIBUTION ET STABILITÉ DES MICRO-ORGANISMES

Nous négligerons les problèmes de concentration et de destruction des germes à l'émission de l'aérosol (GRISON et BOURGUIGNON, 1965) et nous rappellerons toutefois que la stabilité de l'aérosol ou de la poudre est caractérisée par certains paramètres physiques comme l'a indiqué V. M. BOLOTOVSKIJ (1961) pour lequel la sédimentation suivant la loi de Stokes est le facteur prépondérant des pertes de charge (A. C. CHAMBERLAIN, in *Airborne Microbes*, 1967) ⁽²⁾.

Il était intéressant, du point de vue de la pratique phytosanitaire de recueillir des informations, à l'aide des prélèvements bactériologiques dans l'atmosphère, sur les modalités de la distribution des spores et cristaux de *B. thuringiensis*.

Le transport à longue distance de microorganismes a fait l'objet d'études approfondies de la part des phytopathologistes surtout depuis les premiers travaux de P. H. GREGORY (1945) : on se référera à l'ouvrage édité par ce dernier auteur pour obtenir des données très nombreuses et précises sur les profils de distribution verticale et horizontale. Depuis lors il y aurait lieu de se reporter à la grande diversité de

⁽¹⁾ Les contrôles biologiques sont utilisés depuis longtemps pour confirmer la fiabilité des prélèvements pour analyse dans les études d'épandage de pesticides chimiques, comme par exemple ceux qui furent réalisés en milieu forestier par BILIOTTI, CHARMET et GRISON (1954).

⁽²⁾ PERKINS (1961) a proposé une formule d'« impaction loss » K pour tenir compte des paramètres qui interviennent après dispersion des particules par voie mécanique $K = \frac{1}{18} \frac{\rho d^2 V}{N D}$ dans laquelle K est directement proportionnel à ρ densité des particules, d^2 leur diamètre, V leur vitesse, et inversement proportionnel à D le vent et N la viscosité de l'air.

travaux conduits sous l'égide du groupe de travail international « Aerobiology » stimulé par le Programme Biologique International et dont on nous excusera de ne pas faire un inventaire exhaustif.

I. — Portée verticale

Nous avons testé la portée verticale de quelques émissions de *B. thuringiensis* tantôt en disposant dans un peuplement forestier des capteurs le long d'une échelle, tantôt en recourant à une « manipulation » spéciale comme à Saclay en bénéficiant de la tour de 110 mètres du S.C.R.G.R. ⁽¹⁾.

Dans une première expérience, réalisée les 14 et 19 septembre 1962 à Saint-Aignan-sur-Cher contre la chenille Processionnaire du Pin, le poudrage des Pins avec la préparation bactérienne a été effectué à partir du sol avec un atomiseur-poudreur Platz. Les appareils de prélèvement d'atmosphère étaient disposés respectivement à 3, 6 et 9 mètres de hauteur. En raison des trop faibles distances séparant les postes de contrôle du point d'émission, les filtres furent sursaturés et nous ne pouvions donner qu'un indice « 5 » de concentration en germes à 3 mètres, « 3 » à 6 mètres et « 1 » à 9 mètres.

Réalisant le 7 août 1963, une application analogue à la fois par poudrage et par pulvérisation contre le Bombyx du Saule *Stilpnotia salicis*, sur un alignement de peupliers bordant la route nationale RN 31 (Oise) nous avons utilisé le même dispositif de contrôle bactériologique à 3, 6 et 9 mètres le long d'une échelle d'aluminium ; les postes étaient équipés de membranes filtrantes à 0,45 μ et de 47 mm de diamètre. Nous obtenions alors les concentrations en spores viables par litre d'air de 375 à 3 mètres, 304 à 6 mètres et 113 à 9 mètres.

Des expérimentations complémentaires et spécialement prévues à l'effet d'étudier la portée étaient donc nécessaires ; ceci fut réalisé d'abord à Buc le 5 décembre 1962 en utilisant le même appareil émetteur à distance convenable d'une échelle d'incendie sur laquelle les postes de prélèvement d'atmosphère étaient disposés tous les 4 mètres entre 0 et 24 mètres.

Au cours d'un premier essai, les prélèvements ont été effectués en 12 minutes d'aspiration pendant lesquels le vent de secteur 100°N soufflait à 0,45 m/s ; dans le second le vent de même secteur soufflait à 0,86 m/s.

Les résultats suivants furent obtenus (fig. 4) : les courbes 1 et 2, dans lesquelles les concentrations en germes par litre d'air sont ramenées à des proportions comparables pour chaque type d'appareil, permettent de préciser davantage les premières indications déjà recueillies précédemment au cours des opérations conduites en forêt de Saint-Aignan et sur la RN 31 : à un même niveau, les concentrations en spores viables par litre d'air sont très différentes, et les chiffres obtenus confirment que les membranes-filtres sont plus sensibles que les « impingers » et donc plus précises.

L'expérimentation entreprise le 15 avril 1964 au C.E.A. de Saclay se proposait de déterminer quantitativement le comportement des particules composant une poudre pour poudrage à base de *B. thuringiensis* dans une atmosphère où les paramètres météorologiques sont connus. Les prélèvements sont effectués dans différentes strates de l'atmosphère comprises entre 0 et 57 mètres au-dessus du sol, en opérant

⁽¹⁾ S.C.R.G.R. : Service de Contrôle des Radiations et de Génie Radioactif.

toujours à l'aide de ces deux techniques, avant, pendant et après la dispersion de la préparation bactérienne qui est obtenue avec le même appareil émetteur, un atomiseur poudreux Platz.

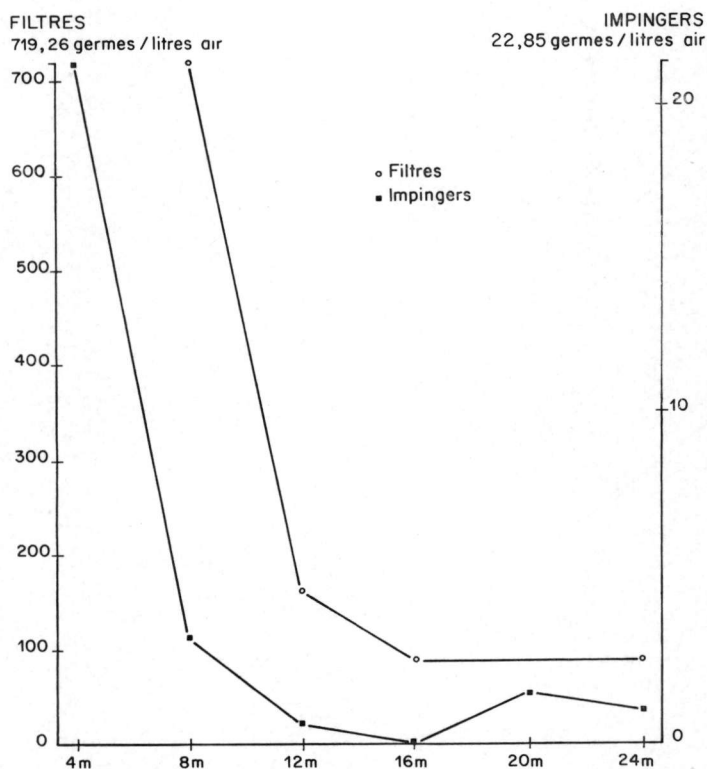


FIG. 4. — Analyse comparée de la distribution en spores viables de *Bacillus thuringiensis* dans les strates aériennes d'un écosystème à l'aide de deux types de capteurs dynamiques : « l'Impinger » Gelman et la membrane filtre

L'infrastructure verticale de l'essai a été assurée grâce à un pylône de 110 mètres de haut mis aimablement à notre disposition par le S.C.R.G.R. de Saclay ⁽¹⁾ : 10 postes de prélèvement dynamique comportant chacun un « impinger » et un filtre à membrane ont été répartis entre 0 et 57 mètres au-dessus du sol (fig. 5).

En outre, afin de déterminer l'étalement du nuage, 4 postes équipés seulement de membranes filtrantes ont été disposés au sol à 10 et 20 mètres de part et d'autre du pylône.

Tous ces capteurs dynamiques de particules ont fonctionné pendant 25 minutes, soit 5 minutes avant le début de l'émission de la poudre bactérienne et 10 minutes après la fin.

Des postes de prélèvement statique pour des contrôles biologiques ont été installés en intermédiaire des précédents, soit à 0, 6, 12, 18, 24 et 30 mètres de hauteur ;

⁽¹⁾ Nous remercions vivement MM. R. LEQUINIO, J. HUGON et toute leur équipe pour l'aide précieuse qu'ils ont bien voulu nous apporter lors de cette opération.

INFRASTRUCTURE

EXPERIMENTALE

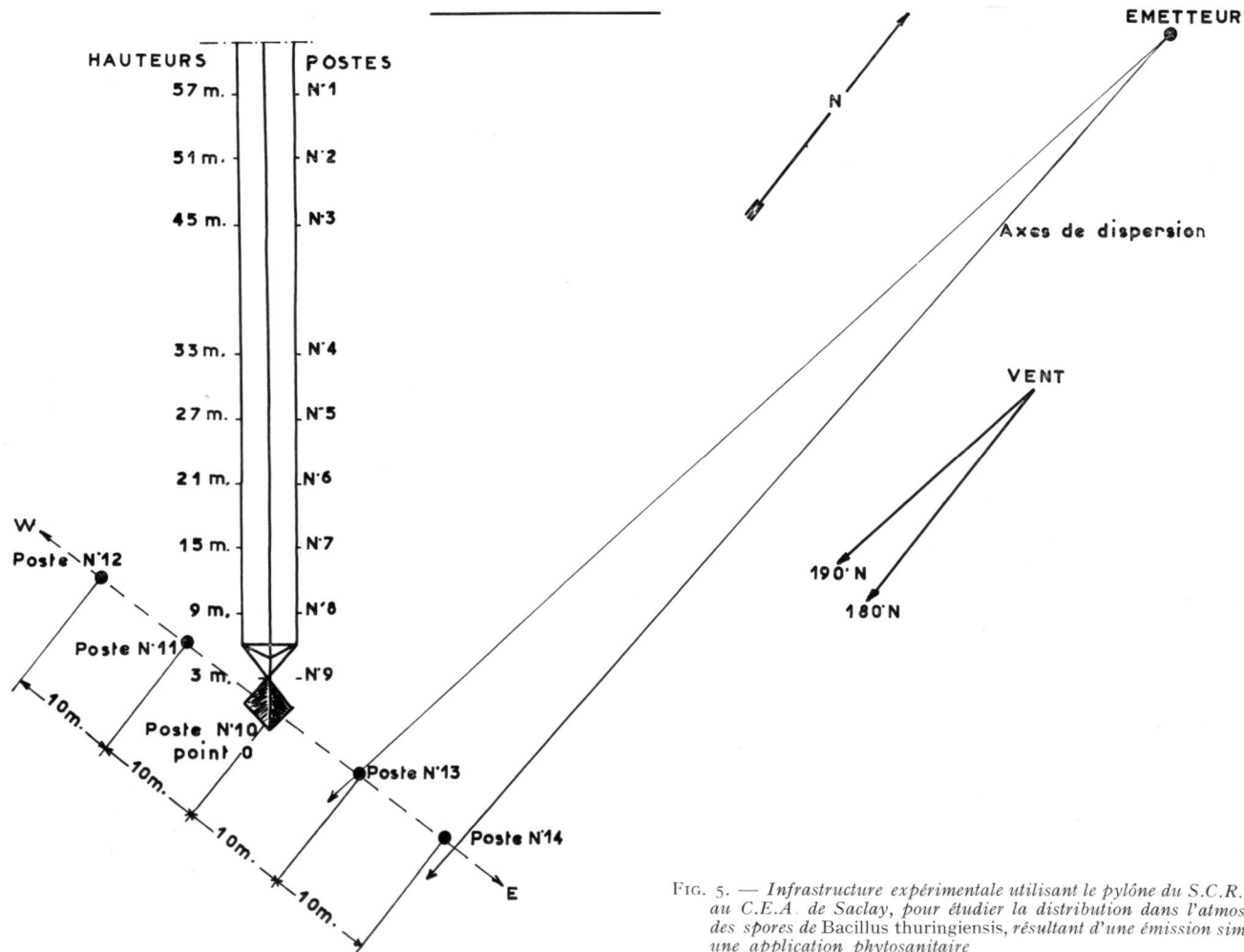


FIG. 5. — Infrastructure expérimentale utilisant le pylône du S.C.R.G.R., au C.E.A. de Saclay, pour étudier la distribution dans l'atmosphère des spores de *Bacillus thuringiensis*, résultant d'une émission simulant une application phytosanitaire

en outre, un poste de référence a été disposé à 25 mètres de la tour, sous le vent, en direction de l'émetteur.

De son côté et simultanément, le S.C.R.G.R. effectuait un prélèvement parallèle au nôtre en utilisant une technique différente, mise au point par LEQUINIO et HUGON (1963) : un traceur, l'uranine (sel disodique de fluoresceine) en solution aqueuse à 8 p. 100 en moyenne est dispersé en pulvérisation pneumatique sous 5 kg/cm² de pression. Deux sortes de prélèvements sont effectués simultanément : l'un dynamique, utilisant un ensemble de bouteille d'air comprimé, trompe à vide et filtre à membrane de 11 cm de diamètre, l'autre statique utilisant des boîtes de Petri de 16 cm de diamètre.

Quatre postes de prélèvement dynamique ont été disposés respectivement à 0, 9, 27 et 40 mètres du sol. Les prélèvements statiques ont été effectués à 9, 27, 40 et 57 mètres du sol. L'axe du nuage a été contrôlé au sol grâce à 10 postes statiques disposés respectivement à 50, 30, 20, 10 mètres à l'ouest de la tour, au pied de la tour et à 10, 20, 30, 40 et 50 mètres à l'est de la tour. Tandis que 10 postes dynamiques disposés respectivement à 50, 40, 30, 20, 10 mètres à l'ouest de la tour et 10, 20, 30, 40 et 50 mètres à l'est de la tour ont assuré le même contrôle ⁽¹⁾.

TABLEAU I

Analyse comparée de la distribution des spores viables de B. thuringiensis obtenue dans diverses strates aériennes, par prélèvement dynamique, à l'aide de « l'Impinger » et de la membrane-filtre

Emplacement du poste de prélèvement (m)	Concentration en spores viables par litre d'air	
	« Impingers »	Filtres
57	0	0
51	0	0
45	≈ 1	0
33	17	~ 2
27	55	6
21	53	24
15	93	127
9	105	169
3	209	205
au sol	185	74
à 10 m Est	—	14
à 20 m Est	—	7
à 10 m Ouest	—	124
à 20 m Ouest	—	204

Les résultats obtenus par les prélèvements dynamiques figurent dans le tableau I ainsi que dans le graphique de la figure 6, en marge duquel sont indiqués les résultats du contrôle biologique exprimés en pour cent de réduction de consommation des

⁽¹⁾ La fiche météorologique s'établissait comme suit le 15 avril 1964 entre 14 h 07 et 14 h 27 : température, 16°C ; humidité, 38 p. 100 ; sol, sec ; atmosphère, claire ; nébulosité, ciel clair ; précipitations, néant ; vent, orientation 180°N à 190°N, vitesse 6 à 7 m/s.

chenilles. Ces résultats qui présentent une certaine similitude avec ceux du contrôle bactériologique laissent penser que spores et cristaux de *B. thuringiensis* se comportent de manière à peu près identique après distribution dans l'atmosphère. On notera également une assez forte dispersion au sol vers l'ouest.

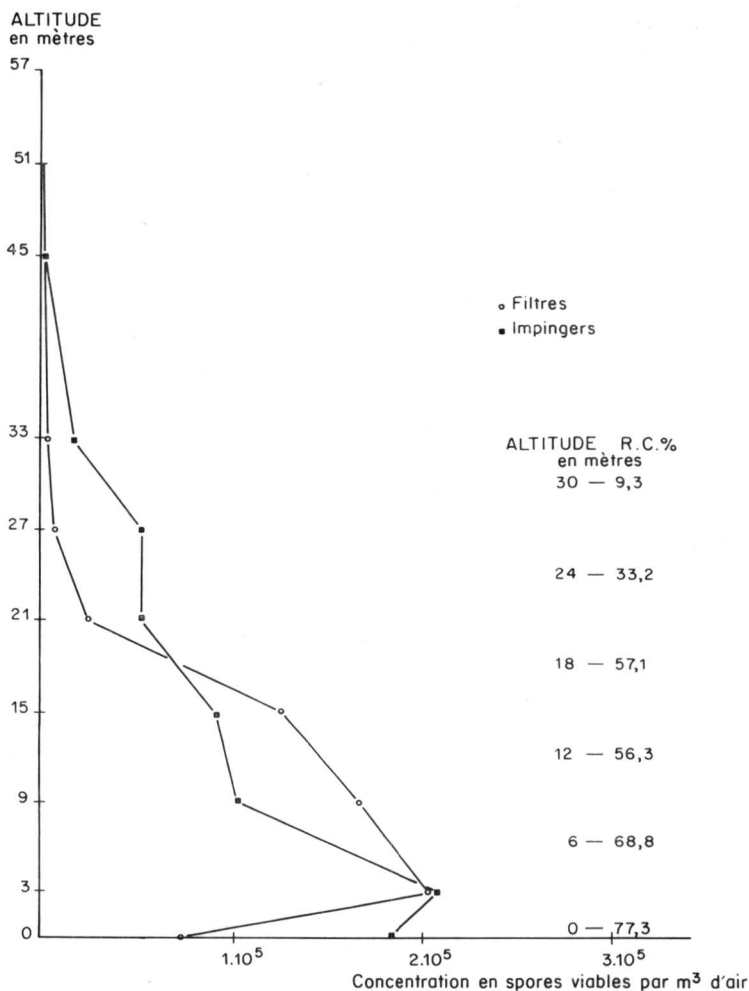


FIG. 6. — Résultats comparés entre la distribution en spores viables de *Bacillus thuringiensis* obtenue par prélèvement dynamique dans diverses strates aériennes, et le contrôle biologique de l'activité statique dans les mêmes strates

La distribution simultanée de l'uranine, a montré une distorsion beaucoup plus grande entre les niveaux inférieurs et supérieurs, mais comme dans le cas du piégeage par filtre de *B. thuringiensis* le point d'inflexion se situe aux environs de 20 mètres au-dessus du sol.

La comparaison des aptitudes de la membrane filtrante et de « l'Impinger » telle qu'elle a été pratiquée ici s'est avérée très intéressante : les résultats obtenus

montrent en effet pour les deux types de pièges à particules une similitude de rétention très proche.

Le fait que le S.C.R.G.R. ait pu effectuer une manipulation parallèle a été d'un intérêt capital : la similitude approximative des résultats dont on ne peut comparer rigoureusement les chiffres du fait de la granulométrie différente des deux traceurs, est déjà une raison suffisante pour expliquer les quelques divergences constatées ; mais cette confrontation nous permet de mieux juger le degré de confiance à accorder à la méthodologie utilisée, dont la fiabilité est, par ailleurs, confirmée par l'information que donne le contrôle biologique. En effet, il est très intéressant de noter sur le graphique de la figure 6 l'augmentation du dépôt de toxine cristalline entre le poste situé à 30 mètres et celui situé à 24 mètres, augmentation à laquelle correspond par ailleurs une concentration plus forte en spores viables aux mêmes niveaux.

2. — Portée horizontale

Parallèlement aux essais précédents, des observations et des contrôles bactériologiques étaient faits pour apprécier les modalités de la distribution horizontale des spores et cristaux de *B. thuringiensis*. C'est ainsi que furent recueillies par « impingers » et membranes filtrantes puis dénombrées les spores à partir d'un point d'émission lors de l'opération de Saint-Aignan le 14 septembre 1962 : le dispositif de prélèvement « ceinturait » complètement la parcelle de Pins traitée comme il est indiqué sur la figure 7, sur laquelle ne sont mentionnés que les capteurs ayant fonctionné normalement durant toute la durée de l'essai, lesquels étaient approximativement placés à 30 mètres de la lisière de la parcelle et à 1,50 mètre du sol.

TABEAU 2

Résultats du prélèvement dynamique analysant la distribution horizontale des germes, au cours de l'expérimentation effectuée à Saint-Aignan dans un milieu forestier

N° du prélèvement au plan (fig. 4)	Débit global en litres	Nombre moyen de colonies	Nombre moyen de spores viables par litre d'air
1° « Impingers »			
I 1	341	4	5
I 2	236	46	97
I 3	344	52	75
I 6	288	44	76
I 8	237	13	28
I 9	235	0	1
2° Filtrés			
F 1	285	111	230
F 2	440	84	152
F 3	1 130	43	30
F 4	1 180	6	3
F 5	1 356	14	9

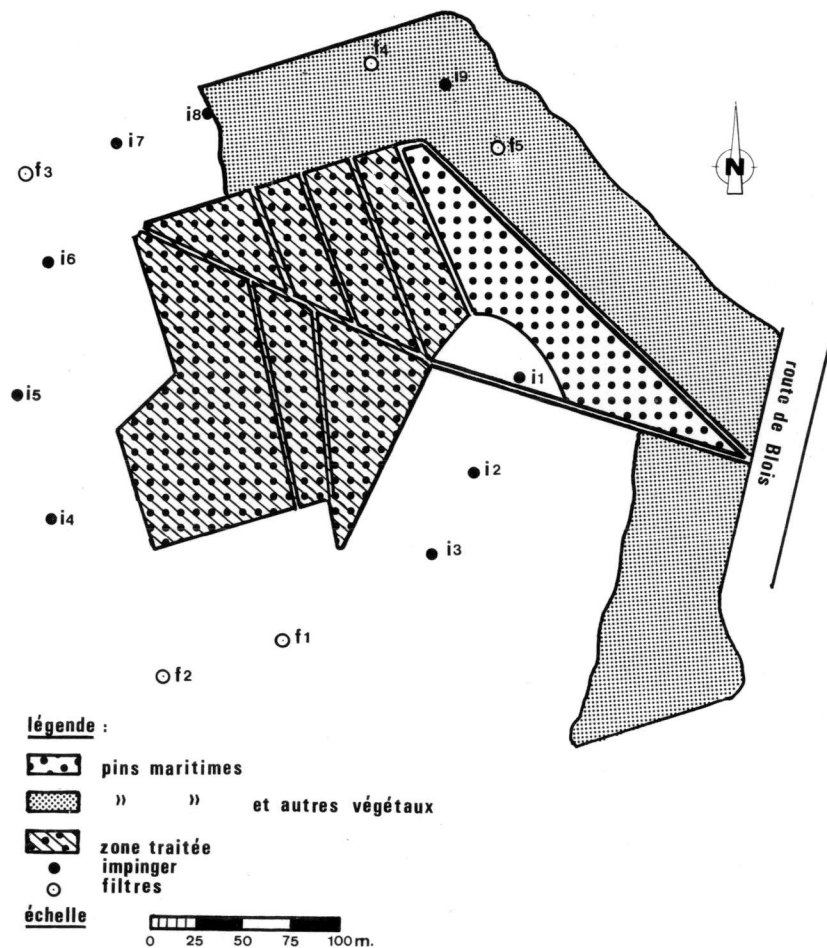


FIG. 7. — Plan du dispositif expérimental de prélèvement dynamique utilisé à Saint-Aignan le 14 septembre 1962 pour étudier la distribution horizontale d'une intervention phytosanitaire en forêt de Pins

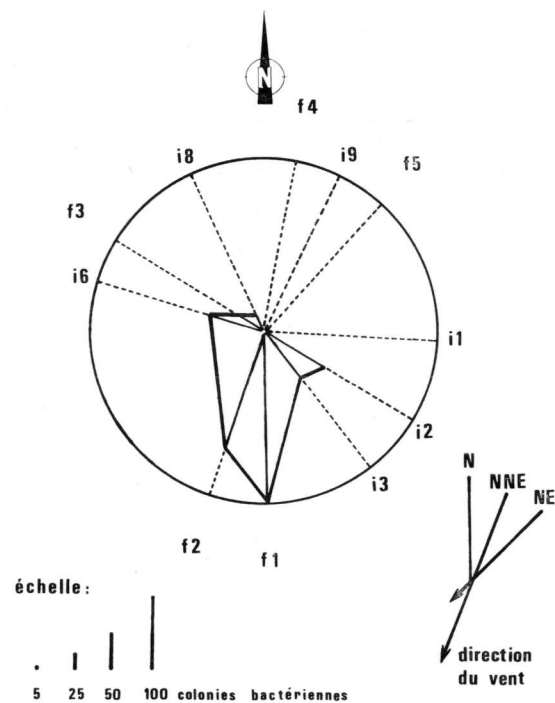


FIG. 8. — Schéma indiquant les résultats de l'essai entrepris à Saint-Aignan pour contrôler la distribution horizontale des spores de *B. thuringiensis* autour de la parcelle traitée contre la chenille Processionnaire du Pin. La densité des spores viables est notée en fonction de l'orientation du point de prélèvement par rapport au centre de la parcelle ; la grandeur portée sur chaque rayon est proportionnelle à la concentration en germes recueillis.

Les résultats indiqués dans le tableau 2 sont représentés sur le schéma de la figure 8, dans lequel l'évaluation de la densité des spores viables est notée en fonction de la direction du point du prélèvement au barycentre de la parcelle traitée, en adoptant les coordonnées polaires pour faciliter la lecture du graphique et en portant sur chaque rayon une grandeur proportionnelle à la concentration en germes recueillis.

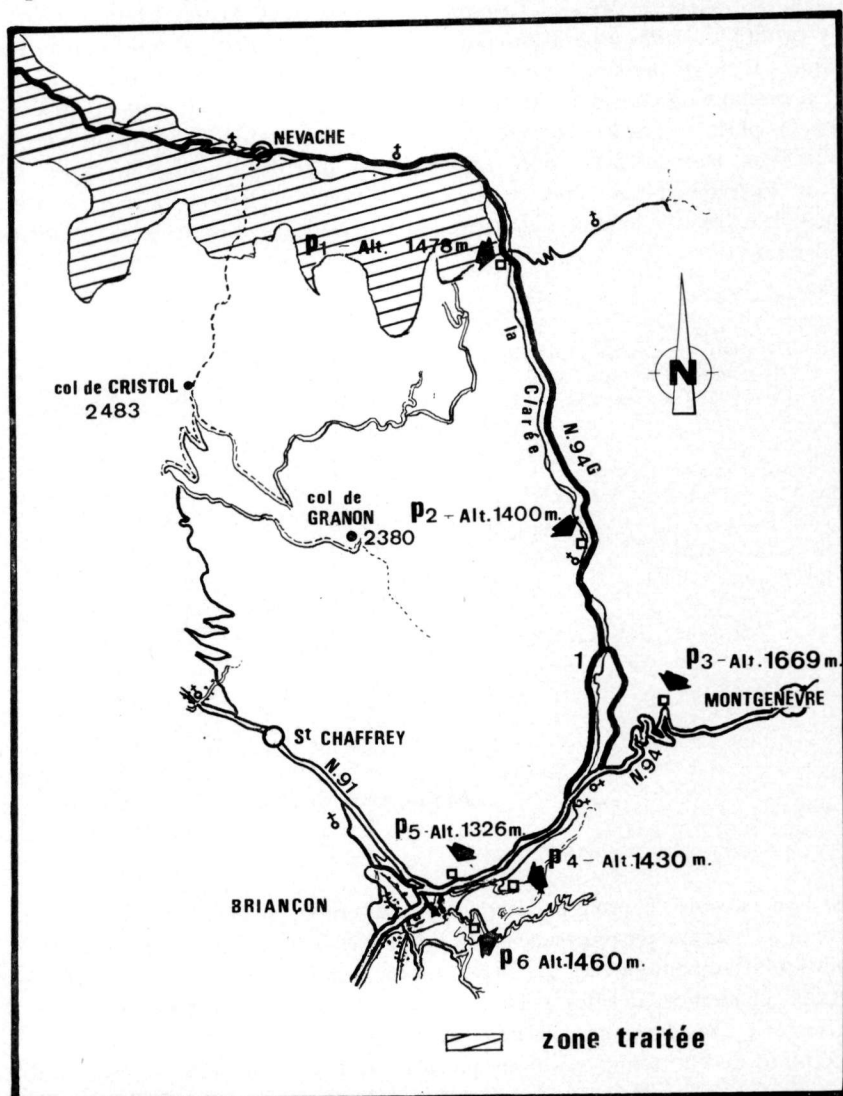


FIG. 9. — Carte des vallées de la Clarée (Névache) et de la Durance (Montgenèvre), montrant en amont de Briançon, la situation des postes de prélèvement et celle de la zone d'émission où *B. thuringiensis* fut pulvérisé par hélicoptère pour y combattre la Tordeuse du Mélèze.

Le polygone de répartition montre comme on pouvait le supposer que la plus grande quantité de spores de *B. thuringiensis* fut recueillie « sous le vent » ; tous les postes placés contre le vent (I 8 et F 5) n'ont recueilli que des quantités pratiquement

négligeables de germes dispersés probablement lors du passage de l'appareil émetteur à proximité de ces postes.

En juin 1967, une suspension de *B. thuringiensis* fut dispersée en aérosol par hélicoptère sur 2 700 ha de mélèzins situés dans la vallée de la Clarée sur le territoire de la commune de Névache en vue d'une expérimentation de lutte microbiologique contre la Tordeuse du Mélèze (GRISON, MARTOURET et AUER, 1971, *op. cit.*). Nous avons profité de cette opération pour recueillir des informations qualitatives sur les capacités de dispersion à longue distance des spores de la bactérie.

En prenant en considération la direction du vent, un dispositif de prélèvements fut mis en place sur 15 km entre Névache et Briançon (fig. 9) dès le premier jour de l'application. Des colonies de *B. thuringiensis* furent recueillies jusqu'au capteur placé au Fort des Trois Têtes (1 460 m) au-dessus de Briançon, c'est-à-dire à une distance de 15 km de la zone d'émission, et les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 3.

TABLEAU 3

Résultats des prélèvements dynamiques effectués dans les vallées de la Clarée et de la Durance au cours de l'intervention utilisant B. thuringiensis contre la Tordeuse du Mélèze dans le mélèzin de la haute-vallée de Névache (05, Hautes-Alpes)

N° des postes	Altitude (m)	Distance de la zone d'émission (km)	Durée du prélèvement (H. mn)	Nombre de colonies	
				présentant les caractères morphologiques de <i>B. thuringiensis</i>	cristallogènes identifiables à <i>B. thuringiensis</i>
1	1 478	4	3,50	6	4
2	1 400	9	3,50	0	0
3	1 669	12	4,05	22	17
4	1 430	15	3,45	0	0
5	1 326	15	3,55	2	0
6	1 460	16	3,50	16	13

Si l'on excepte le premier poste de prélèvement situé à proximité de la zone traitée, nous n'avons pu piéger *Bacillus thuringiensis* que dans les postes situés à des altitudes relativement élevées, puisque c'est uniquement au bois de la Combe (1 669 m d'altitude) et au Fort des Trois Têtes (1 460 m) que nous avons recueilli des spores de la bactérie considérée ici comme « traceur ».

Ce point de vue serait corroboré par les résultats d'une autre opération d'échantillonnage effectuée cette fois dans la vallée de la Guisane, c'est-à-dire dans la vallée parallèle voisine, au Col de Cristol dont l'altitude (2 483 m) était supérieure d'environ 300 m à celle de la limite altitudinale d'épandage. Le dispositif comprenait plusieurs capteurs placés au col même et au-delà : tandis qu'aucun germe ne fut dénombré aux postes situés au col, sur la ligne de crête, 36 et 19 spores furent recueillies par ceux situés au-delà.

Cette constatation pourrait s'expliquer par un passage indubitable des spores

de la vallée de la Clarée à la vallée de la Guisane sous l'effet d'une « ascendance » assez élevée au-dessus de la ligne de crête suivie d'une chute ou d'un rabattement au-delà de cette ligne.

Les différents résultats qui viennent d'être rapportés montrent que les appareils échantillonneurs expérimentés (plus particulièrement « l'impinger » et le filtre « Millipore ») sont des procédés valables pour contrôler la répartition des germes entomopathogènes au cours d'un poudrage ou d'une nébulisation avec une préparation bactérienne. Des essais systématiques pourraient être entrepris à la suite de cette étude préliminaire afin de définir quantitativement les aptitudes et les performances de chaque type d'appareil pour chaque mode d'épandage utilisé en fonction des diverses conditions environnantes, et par conséquent pour évaluer le rendement d'une opération de lutte microbiologique compte tenu de l'impact réel, donc efficace des germes mis à la portée des insectes. Au-delà de cette préoccupation agronomique, on voit aussi comment une méthodologie rigoureuse pourrait être envisagée dans l'étude du rôle « antipolluant » de la forêt, comme dans l'étude plus générale d'une « cartographie » de la pollution bactérienne de l'atmosphère dont les hygiénistes pourraient tirer parti : c'est d'ailleurs l'une des orientations des enquêtes épidémiologiques préconisées par l'Office français de Recherches bioclimatiques (O.F.R.B.) animé par le docteur RIVOLIER.

III. — SURVIE DES GERMES ET RÉSISTANCE AUX FACTEURS DU MILIEU

Au cours de la phase exploratoire axée sur « la lutte microbiologique avec *Bacillus thuringiensis* contre la Processionnaire du Pin (GRISON, MARTOURET, SERVAIS, 1965) et sur les modalités de la distribution des germes », pour la première fois, dans le domaine de la lutte microbiologique contre les insectes (GRISON, MARTOURET et AUER, 1971), il était indiqué la possibilité de recueillir des informations sur le comportement des germes entomopathogènes au sein d'un complexe écologique sylvo-agro-pastoral dans lequel le microorganisme était artificiellement dispersé.

Il était aussi important de connaître le devenir des spores bactériennes après leur distribution dans la nature où elles subissent les différentes formes d'agression du milieu s'opposant à leur pérennité et à leur capacité de survie. Or celle-ci n'est pas négligeable si l'on considère les prélèvements d'atmosphère effectués plusieurs mois, voire plusieurs années après une émission de *Bacillus thuringiensis*.

1. — *Persistance des spores de B. thuringiensis après leur dispersion artificielle*

Ayant créé artificiellement dans la forêt de Gros-Bois à Saint-Aignan-sur-Cher un « foyer d'infection » résultant de la dissémination de spores de *Bacillus thuringiensis* BERLINER, et disposant de méthodes de prélèvement bactérien éprouvées au cours d'une saison, nous avons pensé à détecter la persistance de ces germes sur le lieu des traitements de septembre 1962.

Dans cette intention, au cours des tournées de contrôle biologique des popula-

tions de chenilles de la Processionnaire du Pin survivantes, nous avons procédé à des prélèvements d'atmosphère aux mêmes lieux pendant quelques mois. Nous avons ainsi recueilli par mètre cube d'air : 900 spores viables le 11 octobre, 510 spores le 9 novembre et 120 spores le 13 décembre 1962 tandis qu'au 20 mars 1963 aucune spore ne semblait être présente.

Pour mieux appréhender les capacités de survie des spores de *B. thuringiensis* dans les conditions naturelles nous avons mis à profit l'occasion fournie par l'étude des performances des « Impingers », pour laquelle plusieurs émissions consécutives avaient été réalisées en forêt de Saint-Germain-en-Laye jusqu'au 18 février 1964, mettant chaque fois en œuvre une poudre à base de *B. thuringiensis*.

Aux alentours du point d'émission et dans un rayon de 25 mètres, 8 postes de prélèvement étaient distribués aux points cardinaux, 3 d'entre eux étant à proximité et de part et d'autre d'un chemin de terre où circulent quelques véhicules (fig. 10) :

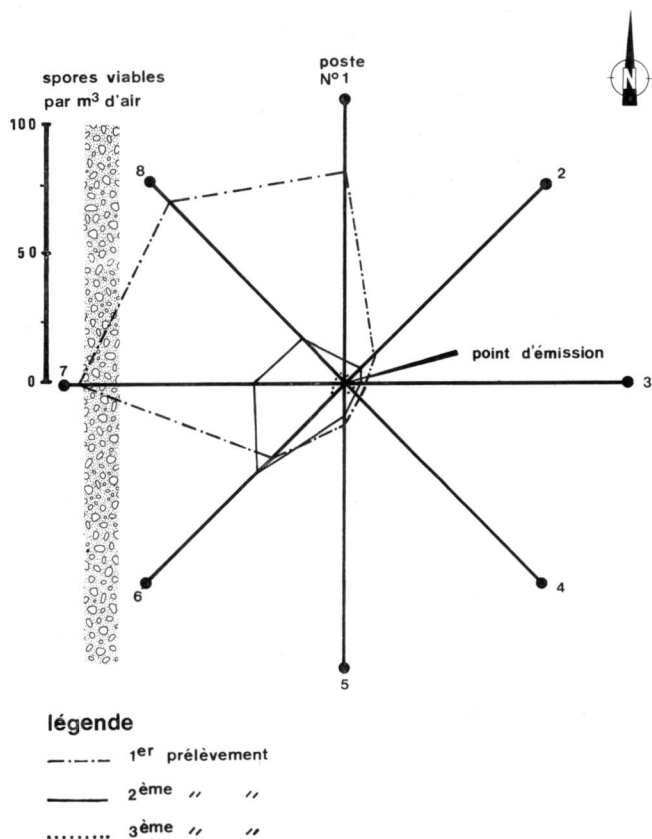


FIG. 10. — Schéma comparant les résultats de prélèvements successifs effectués en forêt de Saint-Germain, selon un dispositif rayonnant autour d'un point d'émission situé à proximité d'un chemin d'exploitation

les résultats ponctuels montrèrent que des spores viables furent retrouvées en nombre décroissant au fur et à mesure de l'éloignement dans le temps de la dernière émission de germes ; les trois postes situés près du chemin ont toujours indiqué une plus forte

concentration en spores viables et celle-ci s'est trouvée accidentellement accrue après le passage intempestif d'un véhicule. Ces constatations sont schématisées par les nombres moyens de spores viables recueillies par mètre cube d'air exprimés dans le tableau 4 : bien qu'il soit difficile d'établir une corrélation entre les quantités de spores émises (les prélèvements d'alors répondaient à des normes différentes) et les spores dénombrées ultérieurement à des échéances variables mais assez éloignées dans le temps, il apparaît que malgré la diminution progressive des spores viables, il en subsiste toujours une quantité appréciable deux ans après la dernière émission. Il semble en outre que la surface du sol permette une bonne conservation des spores de *B. thuringiensis*.

TABLEAU 4

Analyse dans le temps de la distribution aérienne des spores viables de B. thuringiensis, après une émission en forêt de Saint-Germain

Date	Temps après la dernière émission en mois	Durée et situation du prélèvement	Nombre moyen de spores viables par m ³ d'air
18-2-1964	0	dernière émission	—
23-6-1964	4	30 mn à 1 m du sol	430
30-10-1964	8	30 mn à 1 m du sol	187
24-1-1965	11	30 mn à 1 m du sol	19
2-9-1965	18	90 mn à 1 m du sol	25
		15 mn au sol	241
26-1-1966	24	90 mn à 1 m du sol	6
		15 mn au sol	82

Ultérieurement, de nouvelles occasions de poursuivre l'étude de la survie des spores de *B. thuringiensis* nous ont été offertes, lors des interventions expérimentales effectuées dans le Briançonnais en 1967 et en 1971 contre *Zeiraphera diniana* GUÉN., la Tordeuse grise du Mélèze ⁽¹⁾ :

— A la suite des travaux sur le comportement du germe réalisés en 1967 dans la vallée de la Clarée (P. GRISON, D. MARTOURET et C. AUER, *op. cit.*) le dispositif de prélèvement aérien qui fut installé aux emplacements mentionnés sur la carte (fig. 11) a permis deux années durant après la dispersion de l'insecticide bactérien, de capturer dans l'atmosphère de ce peuplement forestier, des quantités encore appréciables de spores viables.

— Dans le peuplement de Mélèze traité à Montgenèvre en 1971 (D. MARTOURET et C. AUER, sous presse), les contrôles d'atmosphère n'ont par contre pas montré présence de spores viables, dès la seconde année après l'intervention à *B. thuringiensis* (tabl. 5).

— Des prélèvements de sol qui furent pratiqués simultanément dans le site de

⁽¹⁾ MM. G. BIACHE, S. BOURGUIGNON, techniciens, ont participé activement à la réalisation de cette étude.

Montgenèvre, ont révélé la présence, dans la couche supérieure du sol et dans la litière qui la recouvre, d'importantes quantités de spores viables d'un *B. thuringiensis* appartenant au même sérotype que celui du bacille introduit deux et trois ans auparavant par dispersion aérienne (tabl. 5).

TABLEAU 5

Résultats des prélèvements effectués dans la strate aérienne et dans le sol, à la suite de l'intervention réalisée à Montgenèvre en 1971 contre la Tordeuse grise du Mélèze

	Nombre de spores viables de <i>B. thuringiensis</i> par cm ³ de substrat			
	1973		1974	
	Bois de Sestrière	Hélibase	Bois de Sestrière	Hélibase
Atmosphère	0	—	0	0
Neige	—	—	0	—
Neige + litière ..	—	—	50 000	—
Litière	25 000	1 000	5 000	0
Sol	7 000	0	5 000	0

Comme des prélèvements témoins effectués simultanément dans les sols d'un Mélèzin alpin non traité (vallée de la Guisane) le démontrent, *B. thuringiensis* n'appartient pas normalement à la microflore du sol de ce type de peuplement forestier, et il faut admettre l'existence d'une relation étroite entre l'introduction du germe dans la strate végétale et l'accumulation *a posteriori* du bacille à la surface du sol du même écosystème. Pour compléter cette intéressante information il faut ajouter encore que six années après la dispersion de *B. thuringiensis* dans la vallée de la Clarée, aucune présence de spores viables n'a été constatée lors d'un prélèvement de sol réalisé dans les mêmes conditions sur l'emplacement de la placette d'observation n° 5 (fig. II).

Si nombre de travaux ont déjà été consacrés à mettre en évidence l'accumulation des corps d'inclusions de virus entomopathogènes en surface de sols cultivés ou forestiers (THOMAS *et al.*, 1972 ; HUKUHARA et NAMURA, 1972) et contribuent à démontrer la persistance de la virulence de ces germes plusieurs années durant (DAVID et GARDINER, 1967 ; HARCOURT et CASS, 1968 ; JAKES, 1967, 1969, 1974), les quelques études faites jusqu'alors sur la persistance de *B. thuringiensis* à la surface des végétaux ou dans le sol n'ont pas été prolongées au-delà de quelques mois (IGNOFFO et GRAHAM, 1967 ; SALEH *et al.*, 1969 ; PINNOCK *et al.*, 1971).

Les observations que nous avons conduites plusieurs années consécutives après l'introduction de *B. thuringiensis* au sein de peuplements forestiers montrent que des spores de la bactérie sont encore viables dans de tels écosystèmes quelques années après : tandis que dans la strate aérienne la densité de ces spores devient quasiment indétectable après deux à trois ans avec les capteurs utilisés. Au niveau des couches

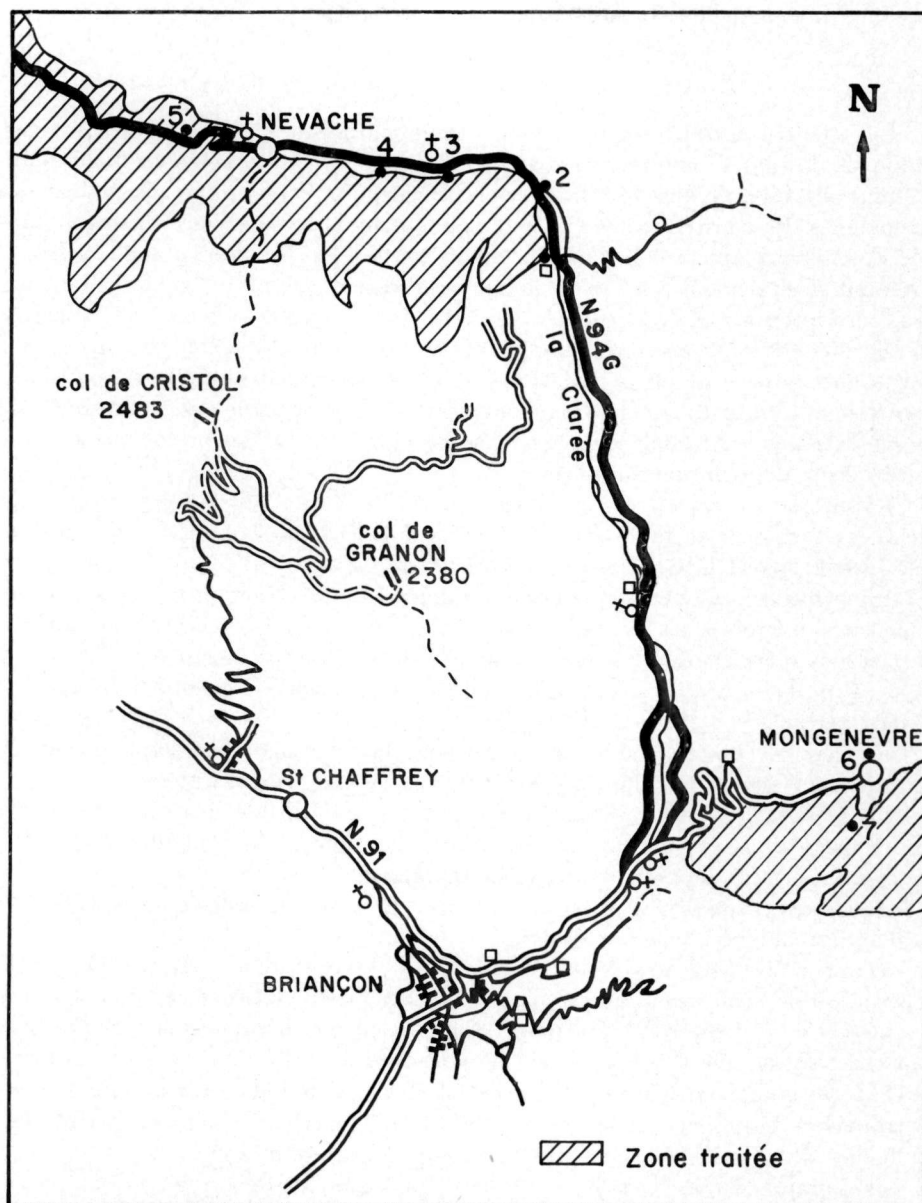


FIG. II. — Situation des prélèvements qui ont été effectués a posteriori dans les zones traitées contre la Tordeuse du Mélèze en 1967 et 1971, pour y contrôler ultérieurement la survie des spores de *B. thuringiensis*

superficielles du sol, où nous ne connaissons encore rien des modalités de leur survie, leur accumulation, plus aisément décelable, semble devoir permettre d'en étudier plus longuement la persistance.

2. — Influence des facteurs du milieu sur la survie des germes

Les facultés de résistance des germes entomopathogènes aux agressions physico-chimiques du milieu extérieur, d'étude relativement aisée au moins au laboratoire, ont fait l'objet de travaux disparates et encore partiels, donnant une idée globale des phénomènes. Ils mériteraient d'être poursuivis pour avoir une vue d'ensemble plus précise et plus complète de cet aspect important de l'écologie des germes. Trois facteurs sont généralement considérés : la température, la dessiccation, la lumière solaire. Nous emprunterons à la revue que B. HURPIN (1966) a consacré à ce sujet, quelques références et observations en les complétant par des résultats obtenus par nous-mêmes tant au laboratoire que dans la nature sur le comportement des spores de *Bacillus thuringiensis* comparativement à celui de germes comme *Serratia marcescens* considéré comme extrêmement fragile et même à *Escherichia coli* l'un des principaux germes-test du degré de pollution du milieu.

Rappelons qu'on trouvera aussi des informations utiles sur le comportement de quelques « traceurs techniques » comme *Bacillus subtilis* dans la revue faite par J. D. ANDERSON et C. S. COX (in *Airborne microbes*, 1967).

En ce qui concerne la température, on doit distinguer l'action de celle-ci sur les suspensions microbiennes, et son effet sur les germes à sec. En suspension aqueuse, les bactéries sporulées du type *B. popilliae* résistent plus d'une heure à 70°C (BEARD, 1945 ; BONNEFOI *et al.*, 1959), celles de *B. thuringiensis* 2 heures à 80°C, selon KRIEG (1961).

En dépit de l'intérêt de ces bactéries pour la lutte microbiologique on ne sait pratiquement rien sur leur comportement aux basses températures.

La dessiccation est l'un des principaux facteurs à considérer à cause de son rôle dans la persistance des germes dans la nature. Les spores assurent une résistance à la dessiccation qui dépasse 10 ans chez *B. thuringiensis* (STEINHAUS, 1960) 2 ans chez *B. cereus*, et qui permet à *B. popilliae* ou à *B. larvae* de rester viables dans le sol ou dans les cadavres pendant de nombreuses années.

D'après WEBB (1959) les microorganismes périssent dans l'air par suite de la déperdition de l'eau liée aux protéines et de l'altération consécutive de la structure des molécules protéiques. Ainsi donc l'humidité atmosphérique joue un rôle très important sur la viabilité des germes en aérosol puisqu'elle influe sur l'évaporation de l'eau des gouttes et modifie la concentration des différents éléments qui peuvent se trouver à l'intérieur de la gouttelette. Ce fait n'est pas sans intervenir dans l'influence de la taille des particules sur la réceptivité d'un animal à l'infection ⁽¹⁾.

On comprend ainsi le rôle du support sur lequel est déposé le germe après sa dispersion dans la nature en lutte microbiologique et, comme il sera dit plus loin, dans l'état actuel, c'est-à-dire peu évolué, de l'expérimentation écopathologique, nous ne pouvons que formuler des hypothèses sur les effets de chacun des facteurs du milieu.

⁽¹⁾ D'après GOODLOW *et al.* (1961), pour le rhésus ou d'autres espèces de singes exposés à des aérosols de *Pasteurella pestis*, l'activité du germe croît comme la dimension des particules.

La lumière intervient surtout par les radiations UV mais il est parfois difficile de séparer son action de celle de l'humidité atmosphérique (WEBB, 1961) : chez *E. coli* le maximum d'altération à l'irradiation a lieu pour une hygrométrie de 70 p. 100 à 80 p. 100 ; mais la présence d'inositol dans l'aérosol est un élément protecteur (WEBB, 1965).

Un autre aspect intéressant de la stabilité des aérosols étudiés par GOODLOW et LEONARD (1961) concerne l'âge de la culture bactérienne. En expérimentant sur *Bacillus thuringiensis* il semblerait que, durant les premières minutes, les spores d'une culture récente soient plus sensibles que celles d'une culture de 5 ans conservée à + 4°C, ainsi qu'il apparaît dans le tableau 6 où la sensibilité aux UV est exprimée en pour cent de survie par rapport au témoin.

TABLEAU 6

*Sensibilité comparée aux radiations ultraviolettes (2 537 Å)
des spores de deux cultures de Bacillus thuringiensis*

Durée d'irradiation (mn)	Pourcentage de survie			
	Culture récente		Culture ancienne	
	I	II	I	II
1/2	60,8	63,3	87,2	95,6
1	27,0	24,5	43,7	49,4
2	1,7	0,6	23,4	5,3
3	0,1	0,1	0,1	0,1

3. — Observations sur le comportement de survie des germes dans la nature

Dans la nature, le problème se présente d'une manière différente, dans la mesure où il est pratiquement impossible de connaître la proportion relative des différents composants du rayonnement global ; en particulier, la proportion des rayons ultraviolets qui nous parvient du soleil est très variable selon les heures, les saisons et l'intensité de la pollution atmosphérique. En effet, lorsque le soleil est à son zénith, ses rayons traversent la moindre épaisseur d'air atmosphérique, par contre, dès que le soleil se rapproche de l'horizon, l'épaisseur traversée devient plus grande et la réfraction bien plus considérable ; d'autre part, la pollution de l'atmosphère par les fumées des usines et les vapeurs issues de la circulation automobile, diminuent l'intensité du rayonnement solaire ; l'effet de l'humidité est également important ainsi d'ailleurs que la quantité d'ozone contenu en haute atmosphère. Ajoutons encore l'ionisation atmosphérique dont il a été largement discuté au Colloque de Briançon, organisé par le Centre briançonnais de Recherches bioclimatiques (C.B.R.B.C.), en mars 1968.

Ces raisons nous ont conduit à réaliser nos essais dans deux régions climatiquement différentes, en utilisant deux germes microbiens de sensibilité variable aux différents agents physiques naturels.

Les expériences concernant cette étude ont été effectuées en juin et juillet 1965 :

— Dans la région de Briançon (1 300 à 1 500 mètres d'altitude) qui est considérée comme l'une des plus ensoleillées de France, et qui possède une atmosphère à faible degré hygrométrique et relativement peu polluée par les fumées ou poussières de toutes sortes. De plus, Briançon possède une Station de recherches bioclimatiques très bien équipée qui a eu l'extrême obligeance de mettre à notre disposition un solarigraphe KIPP ainsi qu'un luxgraphe de Vassy et Leroy ⁽¹⁾ ;

— Dans la région parisienne où l'atmosphère est à la fois humide et très polluée accentuant le taux d'interception des différentes radiations et notamment des ultra-violets.

Dans ces deux régions, nous avons essayé parallèlement à l'étude de l'insolation, de mettre en évidence l'effet protecteur d'un peuplement forestier vis-à-vis du rayonnement solaire.

Nous avons choisi deux germes ayant des caractéristiques anatomiques et morphologiques différentes : *Bacillus thuringiensis* sous sa forme sporulée offre une résistance relativement grande aux agents physiques, par contre *Serratia marcescens*, dont la forme végétative est plus sensible, peut être rapidement détruit par ces mêmes agents. Ces deux germes présentent l'avantage d'être faciles à cultiver sur les milieux gélosés artificiels et la pigmentation de *Serratia marcescens* facilite la discrimination en culture.

Nous avons volontairement testé l'influence des radiations solaires sur les germes à l'époque où ces rayons sont les plus intenses dans la nature. Néanmoins, quelques autres essais auraient dû nous permettre d'évaluer l'activité de ces radiations en fonction des saisons.

Les conditions d'exposition des germes ont été les suivantes :

- en plein soleil, ciel parfaitement dégagé avec milieu environnant différent (prairie ou sous-bois). Les sous-bois sont très denses dans la région parisienne alors que dans le Briançonnais le sous-bois de Mélèze permet aux rayons solaires de parvenir souvent au niveau des germes ;
- par temps très nuageux avec ciel couvert, ne laissant à aucun moment de l'expérience, apparaître le soleil.

Le pourcentage de survie est donné par le rapport du nombre de germes viables après exposition aux radiations solaires au nombre de germes viables du témoin.

Dans le Briançonnais en juin 1965, *Serratia marcescens* est placé en atmosphère libre à 3 heures du matin avant la levée du jour (4 h 15) ; à 7 heures on n'enregistre que 4 p. 100 de destruction tandis qu'à 9 heures on atteint déjà 98,5 p. 100, à 11 heures 99,9 p. 100 et si quelques germes restent encore viables au milieu de la journée, la destruction totale est notée à 17 heures. Dans les mêmes conditions les spores de *B. thuringiensis* sont presque totalement détruites (99,4 p. 100) entre 11 heures et 14 heures.

Placées de 3 heures à 19 heures en sous-bois de Mélèze qui filtre seulement une fraction des rayons solaires (le maximum d'intensité lumineuse étant d'environ

⁽¹⁾ Nous remercions vivement MM. les docteurs LEPOIRE et RONGAUD de l'hôpital civil de Briançon ainsi que le docteur PELTIER, MM. MELQUIOND et HAUTECŒUR du C.B.R.B.C. de Briançon qui ont bien voulu mettre à notre disposition leur matériel et qui nous ont si aimablement accueillis dans leur laboratoire.

87 000 lux au milieu de la journée), les spores de *B. thuringiensis* et les formes végétatives de *S. marcescens* sont détruites dans les proportions qui sont rapportées par le tableau 7.

TABLEAU 7

Étude comparée de la destruction des formes végétatives de S. marcescens et des spores de B. thuringiensis sous l'action des rayons solaires

Durée d'exposition en sous-bois de Mélèze (h)	Pourcentage de destruction	
	Formes végétatives <i>S. marcescens</i>	Spores <i>B. thuringiensis</i>
4	5	0
8	43	5,6
12	90,2	16,8
16	97,0	18,6

En plein soleil (maximum d'intensité lumineuse de 200 000 lux à 13 heures, et maximum de radiation globale au solarigraphe KIPP de 1,5561 cal/cm²/mn,) de 7 heures à 9 heures il y avait 97,82 p. 100 de destruction pour *Serratia marcescens* et 97,2 p. 100 pour *Escherichia coli*; pour les deux bactéries, 99,9 p. 100 de destruction ont été observées après 4 heures d'exposition, cette proportion ayant été atteinte seulement après 6 heures pour les spores de *B. thuringiensis* (68,8 p. 100 après deux heures).

Dans une autre série d'essais, la résistance des spores de *B. thuringiensis* a été comparée simultanément d'une part en prairie, et d'autre part dans un sous-bois de Mélèze où l'intensité maximum de la radiation solaire globale atteignait en petites calories 0,6175 cal/cm²/mn : les résultats obtenus sont donnés dans le tableau 8.

TABLEAU 8

Étude comparée de la destruction des spores de B. thuringiensis en prairie et dans un sous-bois de Mélèze

Exposition		Nombre de spores viables observées après exposition		Pourcentage de destruction	
Période horaire	Durée (h)	en prairie	en sous bois	en prairie	en sous-bois
témoins	0	3 712 · 10 ³	3 712 · 10 ³	—	—
7 h · 9 h	2	467 · 10 ³	4 000 · 10 ³	87,5	0
11 h	4	1 · 10 ³	3 218 · 10 ³	99,9	14
13 h	6	160	2 556 · 10 ³		32
15 h	8	200	2 687 · 10 ³		28
17 h	10	180	2 468 · 10 ³		34
19 h	12	100	2 718 · 10 ³		27

Dans la région parisienne, durant les mêmes périodes, sinon les mêmes dates, de juin à juillet 1965, on constate qu'à l'air libre mais avec un ciel très couvert la destruction des germes de *Serratia marcescens* croît beaucoup plus lentement : 28,9 p. 100 après 2 heures (de 9 à 11 h) ; 53,6 p. 100 après 6 heures et 79,4 p. 100

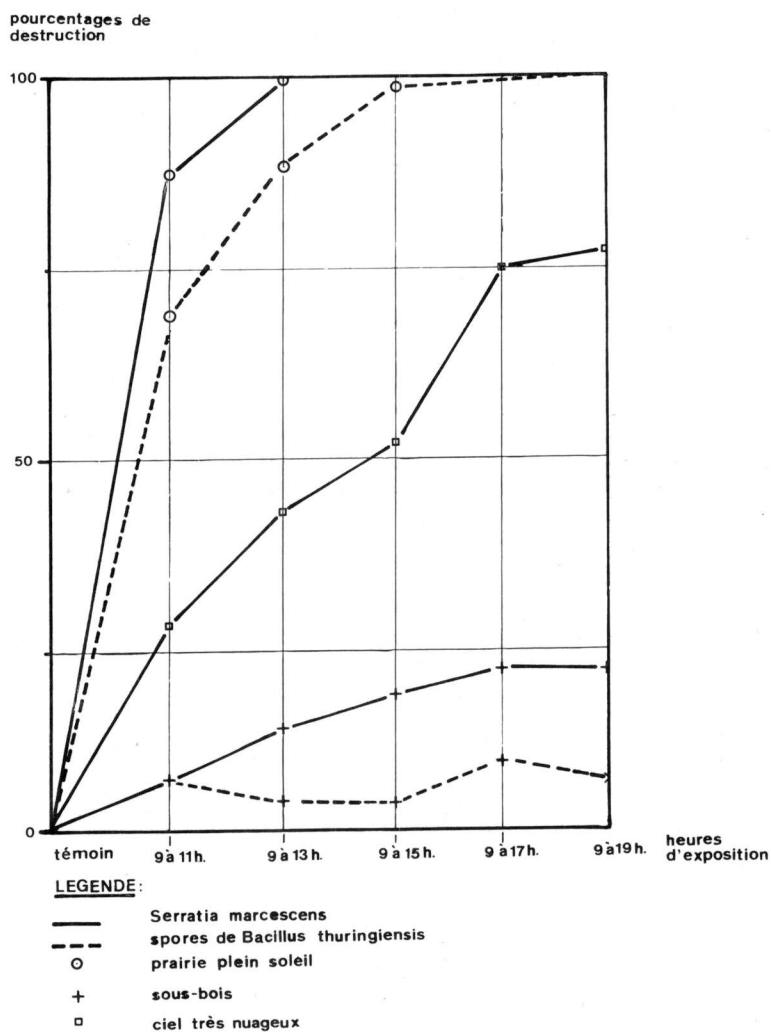


FIG. 12. — Comparaison, dans diverses conditions d'exposition aux radiations solaires en Région parisienne, entre la survie des formes végétatives de *Serratia marcescens* et celle des spores de *B. thuringiensis*

après 10 heures (à 19 h). Toutefois par journée ensoleillée on obtient pour le même germe les résultats suivants auxquels peuvent être comparés ceux obtenus pour *B. thuringiensis* (fig. 12).

IV. — DISCUSSION ET CONCLUSION

Indépendamment de quelques faits comme ceux qu'ont décrits LAIRD (1960), BIRD (1961), TALALAEV (1961), ORLOVSKAJA (1961) et quelques autres, nous savons encore peu de choses du devenir et des effets *a posteriori* des microorganismes artificiellement et massivement répandus dans la nature lors de « traitements microbiologiques ».

Si nous avons constaté la survie, c'est-à-dire la persistance biologique pendant plusieurs mois des spores de *Bacillus thuringiensis* dans quelques milieux forestiers, nous n'avons pas encore d'indications sur la signification écopathologique de cette survie.

Les différents supports (végétation et sol) sur lesquels se déposent les germes doivent avoir un rôle propre indépendamment des modifications qu'ils peuvent apporter dans l'action des différents facteurs atmosphériques précédemment cités et qui continuera à s'exercer sur le microorganisme.

Nous avons déjà, par les travaux de BIRD (1955), TALALAEV (1961) et CLARK (1958), des informations sur le rôle du support végétal dans la propagation de la « vague épizootique ». Mais nous n'avons aucune donnée quantitative et nous ne savons pas de quelle manière et dans quel sens, favorable ou défavorable, le végétal ou le sol peuvent intervenir pour assurer la survie du germe et l'explosion ultérieure des potentialités pathogènes du microorganisme.

On rejoint ici les présomptions prépasteuriennes du « miasme » sur la diffusion des maladies infectieuses ; de nombreux épidémiologistes ont cherché à déterminer les paramètres intervenant au cours de la diffusion des germes dans l'atmosphère ou de leurs modalités de dépôt et de survie sur les points d'impact surtout lorsque la virulence de ces germes est telle qu'il en suffit d'un très petit nombre pour provoquer l'infection. Une formule comme celle de PERKINS et VAUGAN (1961) mériterait d'être prise en considération dans des études ultérieures avec des germes simili. Aux U.S.A. des tests de simulation ont été faits avec des suspensions de *Bacillus subtilis* var. *niger* illustrant le pouvoir de pénétration de fines particules d'aérosols et leur distribution sur 37 km dans le sens du vent, couvrant une aire de 260 km².

Nos informations en écopathologie entomologique, encore très fragmentaires et incomplètes, rejoignent les préoccupations des épidémiologistes. Elles devraient permettre d'apporter une contribution à l'épizootiologie et aux conditions dans lesquelles une épizootie peut se manifester. En particulier, il semble bien que, en lutte microbiologique contre les insectes, la concentration en germes du milieu dans lequel évolue l'espèce animale à atteindre soit un facteur primordial à propos duquel les lois écologiques « du minimum » et « de la tolérance » ont été évoquées mais sans apporter d'informations quantitatives recueillies dans la nature.

C'est aux taux de survie du germe que nous avons consacré une partie de nos travaux sur *Bacillus thuringiensis*. De nombreux exemples en ont été fournis ci-dessus, avec une considération spéciale pour l'influence des facteurs physicochimiques du milieu.

Le milieu intervient sur les trois éléments des épizooties : les populations d'insectes-hôtes, les populations de germes pathogènes et les relations hôtes-pathogènes

en considérant le milieu comme l'ensemble des agents qui échangent de l'énergie avec ces populations : facteurs physiques nutritionnels et propriétés du sol et les quatre principaux types de microorganismes : bactéries, virus, champignons et protozoaires sont étudiés en distinguant les deux catégories de facteurs susceptibles de provoquer le phénomène de « stress » : les facteurs « prédisposants » intéressant l'hôte et les facteurs « activateurs » concernant le pathogène.

Les relations hôtes-pathogènes sont affectées par l'environnement sous trois aspects : contamination, coïncidence dans le temps et dans l'espace, capacité de dispersion des germes, pour lesquels les données de la littérature furent rassemblées par HURPIN (1966) et mériteraient une nouvelle revue exhaustive.

Il apparaît que les modalités de contamination jouent un rôle prépondérant dans les réactions à l'égard des facteurs du milieu et qu'en dépit des nombreux travaux déjà réalisés, de multiples lacunes dans nos connaissances méritent d'être comblées pour avoir une vue d'ensemble plus satisfaisante des phénomènes analysés, dont l'importance est primordiale en pathologie comparée et pour les applications de lutte microbiologique, aussi bien que pour l'interprétation des processus épidémiologiques.

L'un des caractères bénéfiques généralement reconnu à la lutte biologique est le fait que l'action des ennemis naturels diminue de façon durable la densité de population de l'hôte ou de la proie.

L'enrichissement du milieu en éléments antagonistes de la population phytophage à réduire fut toujours l'une des préoccupations, souvent empiriques des spécialistes de la lutte biologique.

Ainsi comprise, la lutte biologique pourrait être assimilée, *mutatis mutandis*, à une sorte de « pollution » des milieux cultivés, par une colonisation massive d'organismes antagonistes des ennemis de l'Homme ou des cultures. Il devient donc indispensable de *considérer l'agrocoenose dans son environnement global* car si la colonisation est réussie, ses effets seront répercutés bien au-delà du point de lâcher par la simple « dilution » des organismes pérennes dans le milieu.

Actuellement, en lutte microbiologique contre les Insectes nuisibles, à l'exception sans doute du virus de *Neodiprion sertifer* introduit accidentellement au Canada, nous ne connaissons guère de colonisation permanente d'un milieu par un microorganisme entomopathogène artificiellement introduit, contrairement aux nombreux exemples connus avec les insectes entomophages. Il s'agit donc d'une voie de recherche encore insuffisamment explorée qui devrait toutefois répondre à des exigences strictes car, ici comme là, une introduction dans un nouvel écosystème ne peut être justifiée que si les effets écologiques ont été prévus aussi rigoureusement qu'il est possible.

Reçu pour publication en janvier 1976.

SUMMARY

PESTICIDES AND ENVIRONMENT

The use of new pesticides with entomopathogenic germs such as *Bacillus thuringiensis* raises the problem of knowing the fate of the micro-organisms introduced and disseminated in large numbers in the agricultural or forest ecosystems in order to control the pullulations of

insect pests. For this purpose an air sampling was developed by comparing the performances of several types of sensors as well as a soil sampling which allows to scrutinize separately the superficial plant litter and the subterranean layers it covers.

Informations on the range of the dispersion and the distribution profiles of *B. thuringiensis* spores were collected during various phytosanitary campaigns achieved at a practical scale in forest stands to limit the damages caused by defoliating lepidoptera such as *Thaumetopoea pityocampa*, the pine processionary caterpillar, and *Zeiraphera diniana*, the larch leaf roller : the germ spores may be conveyed through airflows along a valley up to 15 km from the emission point : anabatic winds let them also pass ridges which rise more than 300 meters above the upper limit of the scattering.

The investigations regularly effected in each intervention zone allowed to study the germ survival and persistence : whereas in the air layer the *B. thuringiensis* spores can no more be detected after two or three years by the sensors utilized because of their important dispersion, in the soil top layers their accumulation which remains more easy to detect seems to make possible a longer study of the persistence.

The trials achieved in addition to determine the influence of the environment factors on the germ survival reveal the protecting effect of the forest stands as far as the role of ultraviolet rays and sun rays are concerned. The mode of contamination seems to play a predominant role in the reactions towards the environment factors.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSON J. D., COX C. S., 1967. Microbial survival. In *Airborne microbes*, Symposium Soc. gen. Microbiol., ed. P. H. GREGORY, J. L. MONTEITH, p. 203-226. Cambridge University Press.
- BEARD R. L., 1945. Studies on the milky disease of Japanese beetle larvae. *Connect. Agric. Exper. Station Bull.*, **491**, 505-583.
- BILIOTTI E., CHARMET P., GRISON P., 1955. Études sur les traitements par brouillard insecticides en forêt. *Ann. Epiphyties*, **6** (2), 229-284.
- BIRD F. T., 1955. Virus diseases of sawflies. *Canad. Entomol.*, **87**, 124-127.
- BIRD F. T., BURK J. M., 1961. Artificially disseminated virus as a factor controlling the European spruce sawfly, *Diprion hercyniae* HTG in the absence of introduced parasites. *Canad. Entomol.*, **93**, 228-238.
- BOLOTOVSKIJ V. M., 1961. Problèmes de virologie, U.R.S.S., **6** (4), 454-463 (en russe).
- BONNEFOI A., TOUCAS M., CHAUMONT H., 1959. Essais de thermorésistance de l'organisme responsable de la maladie laiteuse de la larve de Hannelton (*Melolontha melolontha*). *Entomophaga*, **4**, 227-231.
- BREED R. S., MURRAY E. G. D., SMITH N. R., 1957. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* 7th ed 1-1094 p. WILLIAMS and WILKINS, Baltimore.
- BURGERJON A., 1962. Relation entre l'intoxication provoquée par *Bacillus thuringiensis* BERLINER et la consommation chez *Pieris brassicae* L. *Ann. Epiphyties*, **13** (1), 59-72.
- BURGES H. D., HUSSEY N. W., 1971. *Microbial control of insects and mites*. Editors Academic Press London, 1-861 p.
- CHAMBERLAIN A. C., 1967. Deposition of particles to natural surfaces. In *Airborne microbes*. Symposium Soc. for gen. Microbiol., ed. P. H. GREGORY, J. L. MONTEITH, Cambridge University Press, p. 138-164.
- CLARK E. C., 1958. Ecology of the polyedroses of tent caterpillars. *Ecology*, **39**, 132-139.
- DAVID W. A. L., GARDINER B. O. C., 1967. The persistence of a granulosis virus of *Pieris brassicae* L. in soil and in sand. *J. Invertebr. Pathol.*, **9**, 342-347.
- GERMAN A., 1963. La détection des microorganismes anormalement présents dans l'air. *Conférence Journées Pharmaceutiques*, 41-74.
- GOODLOW R. J., LEONARD P. A., 1961. Viability and infectivity of microorganisms in experimental airborne infections. *Bacteriol. Reviews*, **25**, 182.
- GREGORY P. H., 1945. The dispersal of airborne spores. *Trans. British. Mycol. Soc.*, **28**, 26.
- GREGORY P. H., 1961. The microbiology of the atmosphere (Hill Ltd., London, 1-251 p.).
- GREGORY P. H., MONTEITH J. L., 1967. *Airborne Microbes*. 17th Symposium of the Soc. Gener. Microbiol. London : Cambridge Univ. Press., 385 p.
- GRISON P., 1959. Distribution aérienne d'une préparation pathogène contre la chenille Processionnaire du Pin. *Aviation agric.*, **1** (2), 40-43.
- GRISON P., 1964. Réflexions sur l'épizootologie. Coll. Int. Pathol. Insectes, Paris, 1962. *Entomophaga Mém. Hors. Ser.*, **2**, 483-506.
- GRISON P., MARTOURET D., SERVAIS B., 1965. Lutte microbiologique avec *Bacillus thuringiensis* BERLINER contre la Processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF.) et modalités de la distribution des germes. *C. R. Acad. Agric.*, **51**, 117-123.

- GRISON P., BOURGUIGNON S., 1965. Méthode de prélèvement de germes entomopathogènes dans l'atmosphère pour le contrôle des opérations de lutte microbiologique. *C. R. Acad. agric.*, **51**, 112-116.
- GRISON P., MARTOURET D., AUER C., 1971. La lutte microbiologique contre la Tordeuse du Mélèze. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, n° H. S., 91-121.
- HANNAY C. L., 1953. Crystalline inclusions in aerobic spore forming bacteria. *Nature*, **172**, 1004.
- HARCOURT D. G., CASS L. M., 1968. Persistence of a granulosis virus of *Pieris rapae* in soil. *J. Invertebr. Pathol.*, **11**, 142-143.
- HUKUHARA T., NAMURA H., 1972. Distribution of a nuclear polyhedrosis virus of the fall webworm *Hyphantria cunea* in soil. *J. Invertebr. Pathol.*, **19**, 308-316.
- HURPIN B., 1966. Influence des facteurs du milieu. *Insect Pathology and microbial control Proceed Internat. Coll.* Wageningen, North Holland, Amsterdam, 135-161.
- IGNOFFO C. M., GRAHAM H. M., 1967. Laboratory and field cage tests with *Bacillus thuringiensis* against Pink-Bollworm larvae. *J. Invertebr. Pathol.*, **9**, 390-394.
- JAQUES R. P., 1967. The persistence of a nuclear polyhedrosis virus in the habitat of the host insect *Trichoplusia ni*; II Polyhedra in soil. *Can. Entomol.*, **99**, 820-829.
- JAQUES R. P., 1969. Leaching of the nuclear polyhedrosis virus of *Trichoplusia ni* from soil. *J. Invertebr. Pathol.*, **13**, 256-263.
- JAQUES R. P., 1974. Occurrence and accumulation of viruses of *Trichoplusia ni* in treated field plots. *J. Invertebr. Pathol.*, **23**, 140-152.
- KRIEG A., 1961. *Bacillus thuringiensis* BERLINER. *Mitt. Biol. Bundesanstalt Land Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem*, **103**, 3-79.
- LAIRD M., COLLESS D. M., 1960. A field experiment with a fungal pathogen of mosquitoes in the Tokelau islands. *XI^e Congr. Intern. Entomol. Vienne*, C. R. **2**, 867-868.
- LEQUINIO R., HUGON J., 1963. Expérience de diffusion atmosphérique en vraie grandeur. *Coll. Intern. sur la pollution radioactive des milieux gazeux*, Saclay, 13-16 novembre.
- MARTOURET D., AUER C. (sous presse). Effets de *Bacillus thuringiensis* BERLINER chez une population de Tordeuse grise du mélèze *Zeiraphera diniana* GUÉNÉE (*Lepidoptera Tortricidae*) en culmination gradologique.
- NOBLE W. C., 1967. Sampling airborne microbes : brandling the catch. In *Airborne microbes*. Symposium Soc. for General Microbiology, ed. P. H. GREGORY, J. L. MONTHEITH, Cambridge University Press, 81-101.
- ORLOVSKAJA C. V., 1962. La production d'épizootie artificielle de la polyédrose dans les populations de *Porthetria dispar* par l'utilisation d'un virus à virulence accrue. (en russe) *Zesz. Problem. Postep. Nauk. Roln.*, **35**, 219-222.
- PERKINS W. A., VAUGHAN L. M., 1961. Public health implications of airborne infection : physical aspects. *Bacteriol. Rev.*, **25**, 347-355.
- PINNOCK D. E., BRAND R. J., MILSTEAD J. E., 1971. The field persistence of *Bacillus thuringiensis* spores. *J. Invertebr. Pathol.*, **18**, 405-411.
- SALEH S. M., HARRIS R. F., ALLEN O. M., 1969. Method for determining *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* BERLINER in soil. *Can. J. Microbiol.*, **15** (9), 1101-1104.
- SALEH S. M., HARRIS R. F., ALLEN O. M., 1970. Recovery of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* from field soil. *J. Invertebr. Pathol.*, **15**, (1), 55-59.
- STEINHAUS E. A., 1960. The duration of viability and infectivity of certain insect pathogens. *J. Insect. Pathol.*, **2**, 225-229.
- TALALAIEV E. V., 1961. Extermination du Bombyx sibérien *Dendrolimus sibiricus* TSHTV. à l'aide de la Dendrobacilline (en russe). *Vestnik. Selskokh. Nauk.*, **5**, 100-106.
- THOMAS E. D., REICHELDERFER C. F., HEIMPEL A. M., 1972. Accumulation and persistence of a nuclear polyedrosis virus of the cabbage looper in the field. *J. Invertebr. Pathol.*, **20**, 157-164.
- WEBB S. J., 1959. Factors affecting the viability of airborne bacteria I. *Can. J. Microbiol.*, **5**, 649.
- WEBB S. J., 1961. Factors affecting the viability of airborne bacteria IV, V. *Can. J. Microbiol.*, **7**, 607, 621.
- WEBB S. J., 1965. Radiation, relative humidity and the mechanism of microbial death in aerosols. *1st Intern. Symposium on Aerobiology*. Naval Biological laboratory. Oakland California.
- ZEUMER H., 1956. Aérosols en protection des végétaux et des forêts. *Z. Aerosol Forsch. Therapie* n° 1, 3-8 (en allemand).

VARIATIONS DU TAUX DE POLYEMBRYONIE
DU PARASITOÏDE *AGENIASPIS FUSCICOLLIS* DALM.
(HYMÉNOPTÈRE, ENCYRTIDÉ)
SELON LA TEMPÉRATURE
DE DÉVELOPPEMENT DE SES HÔTES

J. P. NÉNON

Laboratoire de Zoologie,
U. E. R. Sciences exactes et naturelles,
B. P. 347, 51062 Reims Cedex

RÉSUMÉ

Le taux de polyembryonie de l'entomophage *Ageniaspis fuscicollis* (Hyménoptère, Chalcidien) subit d'importantes variations, selon les années, chez le même hôte parasité appartenant au genre *Hyponomeuta* (Lépidoptères).

Afin d'apprécier l'influence que pourrait exercer la température sur le processus de multiplication asexuée du Chalcidien, des échantillons d'*Hyponomeuta cognatellus* et *H. malinellus*, récoltés au cours du printemps 1975 dans des populations parasitées, ont été exposés aux températures de + 7°C et + 25°C au cours des stades II et III des chenilles correspondant à un état connu d'ontogénèse du parasite.

Il ressort des résultats obtenus que la phase de la polyembryonie sensible à ces températures concerne essentiellement la multiplication des morulas. Le froid inhibe momentanément ou définitivement, selon les hôtes, leur potentialité de clivage. La chaleur apparaît comme un facteur favorable de multiplication des germes moruliformes. Toutefois, les variations expérimentales du taux de polyembryonie d'*Ageniaspis fuscicollis* diffèrent notablement selon les hôtes considérés en relation avec l'éthologie larvaire de deux espèces d'*Hyponomeutes*.

La modalité de multiplication des morulas sous l'action d'une température élevée est discutée ainsi que l'éventuelle intervention d'autres facteurs dans ce processus de multiplication des germes provenant tous d'un seul œuf du parasite.

INTRODUCTION

Le Chalcidien *Ageniaspis fuscicollis* est un parasitoïde de plusieurs espèces d'*Hyponomeuta*. Dès que l'œuf de l'entomophage est pondu en juillet, il commence à se segmenter dans l'œuf du papillon et poursuit son développement, après l'hiver-

nation de la chenille néonate, durant la majeure partie de la vie larvaire de l'hypoménote.

Le développement de l'œuf d'*Ageniaspis* montre une succession de fragmentations des germes non seulement au stade précoce des noyaux embryonnaires (MAR-CHAL, 1898, 1904 a ; MARTIN, 1914) mais aussi lors de phases plus avancées de l'ontogénèse et notamment aux stades moruliformes et blastuliformes (NÉNON, 1974 b). Cette polyembryonie engendre à partir d'un seul œuf d'*Ageniaspis* un nombre souvent élevé d'imagos appartenant tous au même sexe.

Le taux de polyembryonie de l'Hyménoptère varie dans de larges proportions et dépend notamment de l'hôte choisi (NÉNON, 1975). Rares sont les auteurs ayant dénombré les individus contenus dans les complexes polyembryonnaires avant que ceux-ci se rompent et libèrent, dans la cavité générale de l'hôte, les larves d'*Ageniaspis* du dernier stade. BUGNION (1891) donne chez *Hyponomeuta cognatellus* les extrêmes 48 et 181 constatés sur une période de plus de vingt ans.

Chez *Hyponomeuta malinellus*, JUNNIKALA (1960) disséquant les dépouilles momifiées des chenilles parasitées trouve pour extrêmes 31 et 131 *Ageniaspis* par hôte. Cette méthode présente cependant l'inconvénient de ne plus pouvoir reconnaître la coexistence éventuelle de deux chaînes polyembryonnaires dans un seul hôte, ce qui se produit dans 5 p. 100 environ des cas.

Bien qu'il ne soit pas possible actuellement de faire une mise au point sur le taux de polyembryonie d'*Ageniaspis* dans un seul hôte, en une seule année et pour l'ensemble de l'Europe, il semble en confrontant les données actuelles que ce taux soit sujet à des variations appréciables selon les régions. Il est d'autre part certain qu'il présente en un même lieu, dans une espèce-hôte donnée, d'importantes variations annuelles. Cela nous apparaît très nettement en Champagne où nos observations portent sur six années consécutives. Il n'existe donc pas de taux intrinsèque de polyembryonie d'*Ageniaspis* ; l'intensité de ce phénomène dépend chaque année de nombreux facteurs externes et internes. Parmi eux nous n'avons retenu, dans ce travail, que l'influence éventuelle de la température.

Afin d'apprécier les conséquences éventuelles de ce facteur sur la polyembryonie de l'entomophage, nous avons constitué au cours du printemps 1975, des échantillons de chenilles de deux espèces : *Hyponomeuta malinellus* et *Hyponomeuta cognatellus* appartenant à des populations parasitées depuis plusieurs années. Les chenilles ont été soumises à différents moments, correspondant à un état connu de développement du parasitoïde, soit à une température constante basse ou élevée, soit à une série de chocs thermiques journaliers.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. — Élevage des chenilles-hôtes

Les deux populations d'*Hyponomeuta malinellus* et *H. cognatellus* sont élevées en conditions naturelles respectivement sur pommier et sur fusain d'Europe, en boîtes de 41 × 15 × 9 cm. Afin d'obtenir des lots aussi homogènes que possible, les chenilles de même âge sont regroupées après chaque mue. 50 chenilles sont installées par boîte ce qui permet d'obtenir selon le taux de parasitisme et la mortalité larvaire des Hypoménotes, 8 à 13 individus renfermant des chaînes d'*Ageniaspis*.

2. — Choix des températures

Nous avons constaté précédemment qu'une température moyenne de $+ 7^{\circ}\text{C}$ permettait une activité et une croissance ralenties d'*H. cognatellus* qui est l'espèce la plus précoce à sortir d'hivernation en avril, parfois fin mars. Chez *H. malinellus*, cette température de $+ 7^{\circ}\text{C}$ est très voisine du seuil thermique inférieur permettant la mue entre les stades II et III (POPOV, 1956) sur la durée desquels se déroule la polyembryonie d'*Ageniaspis*.

Par ailleurs, la température de $+ 25^{\circ}\text{C}$ constitue le maximum auquel puissent être exposées momentanément les chenilles d'*Hyponomeuta mahalebells* au moment de leur réactivation printanière coïncidant avec la polyembryonie de l'entomophage. Or, dans ces trois hôtes, le taux de polyembryonie d'*Ageniaspis* varie notablement.

Les températures d'exposition momentanée auxquelles ont été soumis les différents lots ont été de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ et de $7 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

3. — Détermination des stades larvaires des chenilles-hôtes

Les chenilles sont regroupées en lots de même âge dès qu'elles quittent leur hibernaculum et ensuite lors de chacune des mues. Les stades larvaires sont repérés aisément en mesurant la largeur de la capsule céphalique (ΔI) au niveau des ocelles les plus postérieures ainsi que sa longueur (ΔL) (tabl. 1).

TABLEAU I

Dimensions de la capsule céphalique (en mm) de deux espèces d'*Hyponomeutes* au cours des différents stades larvaires

Stades larvaires		I	II	III	IV	V
<i>H. malinellus</i> ⁽¹⁾	ΔI l moyen	0,18-0,20 0,18	0,31-0,33 0,32	0,49-0,57 0,54	0,78-0,91 0,86	1,15-1,36 1,28
	ΔL L moyen	0,10-0,13 0,12	0,21-0,24 0,23	0,41-0,50 0,43	0,60-0,74 0,70	0,90-1,17 1,03
<i>H. cognatellus</i>	ΔI l moyen	0,19-0,23 0,20	0,31-0,35 0,33	0,50-0,55 0,54	0,80-0,91 0,88	1,21-1,35 1,29
	ΔL L moyen	0,12-0,15 0,13	0,22-0,25 0,24	0,38-0,48 0,46	0,60-0,67 0,69	0,82-0,95 0,89

(¹) D'après POPOV (1956) confirmé.

4. — Synchronisme normal de développement du couple hôte-parasitoïde

MARCHAL (1904 a) décrit le cycle de l'hôte et du parasite et à sa suite nous avons constaté l'existence d'un synchronisme assez strict dans le développement des deux composants de ce couple biologique. Ces synchronismes, lors de la période relativement brève où se produit la polyembryonie d'*Ageniaspis*, se résument, comme suit en conditions naturelles (schéma 1).

La connaissance de l'âge exact des chenilles permet donc de déterminer l'état de développement des complexes polyembryonnaires d'*Ageniaspis fuscicollis*. Au moment des expérimentations, la dissection des chenilles-témoins se développant en conditions naturelles permet, en outre, de confirmer et de préciser le stade atteint par le parasitoïde.

Stade III (11-13 jours)	Clivage des blastulas	81	Nombre moyen de germes (chez <i>H. malinellus</i> , en 1973)
	Blastulas	65	
	Clivage des morulas	65	
	Morulas	40	
Stade II (7-8 jours)	Prolifération des noyaux embryonnaires	40	
		10	
Stade I	Réactivation printanière		
Hôte	Polyembryonie d' <i>Ageniaspis</i>		

SCHÉMA I

5. — Préparation des complexes polyembryonnaires

Les chenilles sont disséquées dans une goutte de solution physiologique. Les complexes aux ramifications latérales parfois nombreuses sont démêlés, étalés, puis fixés au Bouin directement sur lame après séchage.

Les colorations utilisées sont, selon l'état de développement du parasitoïde :

- Le carmin acétique ferrique.
- L'hématoxyline ferrique au dioxane.
- Le feulgen (précédé d'une hydrolyse à froid par HCl 5N) et complété par une coloration de fond au fast-green.

Il est alors aisé de compter le nombre de germes d'embryons ou de larves contenus dans chacun des complexes polyembryonnaires.

RÉSULTATS

Les échantillons de chenilles soumis à des conditions expérimentales de développement, bien que très homogènes au départ, ont parfois montré une nette hétérogénéité dans les stades atteints à la fin du traitement. Nous considérons dans l'exposé des résultats qu'un stade est atteint lorsqu'il concerne 50 p. 100 de la population des hôtes cités.

I. — *Variation du taux de polyembryonie*
d'Ageniaspis fuscicollis parasitoïde d'Hyponomeuta cognatellus
en fonction de la température

La figure 1 rend compte du développement d'*H. cognatellus* dans les conditions d'expérience par rapport au lot témoin maintenu en conditions naturelles.

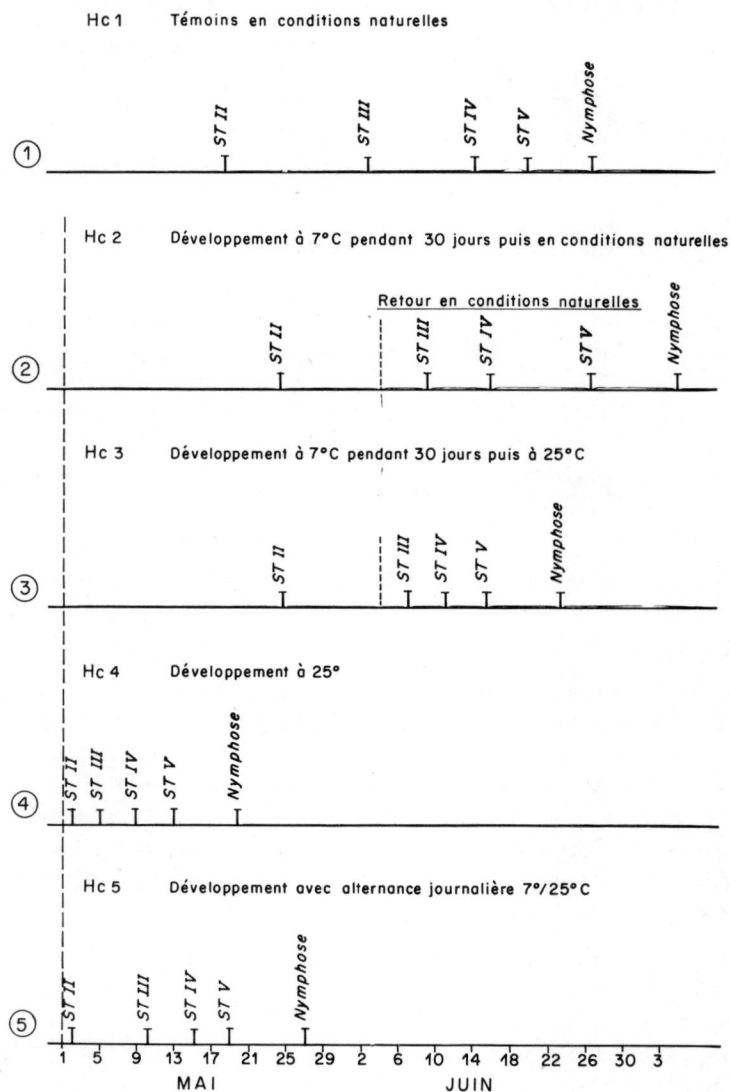


FIG. 1. — *Développement d'Hyponomeuta cognatellus en conditions expérimentales*
survenant dès la fin du stade I (seuls les individus non parasités se nymphosent)
Les chenilles parasitées meurent durant le 5^e stade larvaire

Les résultats concernant les variations du taux de polyembryonie de l'entomophage font l'objet de la figure 2. Le pourcentage des fréquences du nombre d'Encyrtidés par

complexe polygerminal est présenté sous forme d'histogramme par classe de 10 individus. Nous avons admis que la limite inférieure de toute classe fait partie de celle-ci et que par conséquent la limite supérieure fait partie de la classe suivante.

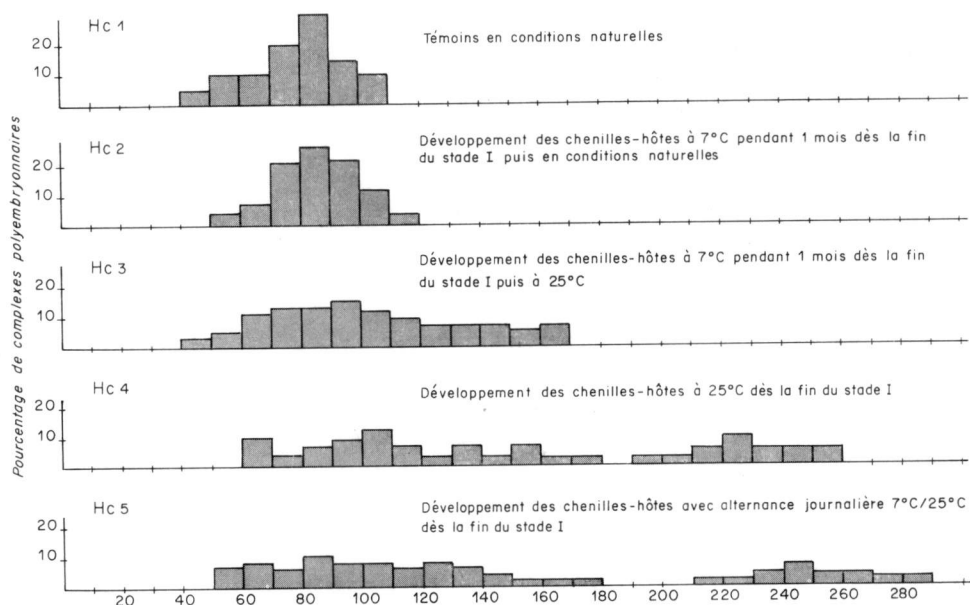


FIG. 2. — Développement d'*Ageniaspis fuscicollis* dans *Hyponomeuta cognatellus* en conditions expérimentales
Pourcentage des fréquences du nombre de germes par complexe polyembryonnaire

a) Échantillon-témoin (Hc1).

Les chenilles-témoins se trouvent encore le 2 mai en fin de stade I bien qu'elles aient quitté l'hibernaculum à partir du 7 avril. La durée des stades II et III, marquée par des températures naturelles anormalement basses, est supérieure à celle constatée lors des années 1972 à 1974. La relative brièveté du stade IV compense partiellement le retard dans le développement. Ainsi, 50 p. 100 de la population nymphale (non parasitée par *Ageniaspis*) a donné naissance aux papillons le 6 juillet, ce qui correspond à un retard de 10 jours par rapport à 1972, de 4 jours par rapport à 1973 et de 7 jours par rapport à 1974.

La durée des stades larvaires a été la suivante :

- Stade I : de fin juillet 1974 au 18 mai 1975
- Stade II : 16 jours
- Stade III : 11 jours
- Stade IV : 6 jours
- Stade V : 7 jours.

La nymphose s'est déroulée sur une période de 9 jours. La mortalité larvaire dans le lot témoin a été de 6,3 p. 100.

L'histogramme des fréquences du nombre d'*Ageniaspis* naissant d'un seul œuf

est établi à partir de 40 complexes polygerminaux obtenus par dissection des chenilles de stade IV.

L'étendue de l'histogramme (70 individus) est identique à celle des résultats des années antérieures mais concerne cependant pour cette année 1975 des valeurs supérieures. Le mode de l'histogramme s'établit à 85 individus (30 p. 100 des cas), la médiane est de 81,5 et la moyenne de 78,8 individus par chaîne polyembryonnaire. La classe la plus élevée (100-109) ne regroupe que 10 p. 100 des chaînes alors que cette classe constituait le mode de l'histogramme établi en 1974.

- b) *Chez les chenilles soumises à une température constante de + 7°C durant 30 jours dès la fin du stade I puis se développant en conditions naturelles* (échantillon Hc2).

Cette basse température ralentit considérablement le développement des chenilles qui n'atteignent le second stade qu'au 25 mai (fig. 1) soit avec un retard de 6 jours par rapport aux témoins.

La mortalité constatée au cours de cette période d'exposition au froid est de l'ordre de 7 p. 100.

Le stade III est atteint 4 jours après le retour en conditions naturelles. Il dure 7 jours, le stade IV 10 jours, le stade V (prénymphose comprise) 9 jours.

Le taux de polyembryonie du parasitoïde, apprécié sur 46 complexes obtenus de chenilles au cours des stades III et IV n'est que peu affecté, dans le sens de l'augmentation, par rapport au témoin.

L'étendue de l'histogramme demeure de 70 individus. Le mode reste fixé à 85. Les extrêmes se décalent légèrement : 50-120 au lieu de 40-110. La moyenne passe à 84,9 individus par chaîne (au lieu de 78,8 dans l'échantillon-témoin).

- c) *Chez les chenilles soumises dès la fin du stade I à une température constante de + 7°C pendant 30 jours puis se développant à + 25°C* (échantillon Hc3).

Après la période d'exposition au froid, on assiste, à la température constante de 25°C, à une remarquable accélération du développement des chenilles. Ainsi, les stades III et IV ne durent que 4 jours. A l'issue du stade V (prénymphose comprise) d'une durée de 7 jours, la moitié de la population atteint la nymphose le 23 juin soit 4 jours avant l'échantillon-témoin.

La mortalité larvaire constatée pendant la période froide (7 p. 100) s'accroît de 2 p. 100 lors du passage brutal de + 7°C à + 25°C. 54 complexes polyembryonnaires ont été observés après dissection des chenilles d'*Hyponomeutes* parvenues au stade IV.

Dans ce cas, l'étendue de l'histogramme des fréquences du taux de polyembryonie d'*Ageniaspis* s'accroît considérablement et devient alors de 130 individus. Alors que la classe la plus basse (2 p. 100 des cas) reste fixée à 41-50, la classe la plus élevée atteint 170 individus. 36 p. 100 des chaînes polyembryonnaires présentent alors un nombre d'individus supérieur au maximum (110) constaté sur le témoin. La médiane passe à 94,5 et la moyenne s'élève à 101,2.

Cette augmentation, significative par rapport au témoin, ne fait cependant qu'amener le taux de polyembryonie d'*Ageniaspis* au niveau moyen observé dans les conditions naturelles au cours d'années écoulées. N'apparaissant pas dans l'échan-

tillon précédent, cette augmentation peut donc être liée au choc thermique intervenant brutalement entre les températures de $+ 7^{\circ}\text{C}$ et $+ 25^{\circ}\text{C}$.

Nous avons constaté par dissection que les chenilles de stade IV soumises au froid renfermaient des parasitoïdes à différents stades de développement ; le synchronisme liant habituellement l'hôte et le parasitoïde est donc rompu. Après un délai de 30 jours à la température de $+ 7^{\circ}\text{C}$, les chenilles ont livré des complexes contenant soit des noyaux embryonnaires seuls, soit des morulas seules, soit des blastulas seules, soit encore, et beaucoup plus fréquemment, un mélange de ces deux derniers types de germes en proportions variables. Il se produit donc une rupture du synchronisme dans le développement des germes d'un même complexe polyembryonnaire ce que nous n'avions jamais observé jusqu'ici en dehors de ces conditions expérimentales.

Les chaînes contenant finalement un nombre élevé d'individus apparaissent alors comme celles qui renfermaient encore des germes capables de se diviser, augmentant ainsi le nombre d'*Ageniaspis*, au moment du passage à $+ 25^{\circ}\text{C}$. Par contre, les chaînes dont l'ensemble des germes ou la majeure partie ne peuvent plus se dissocier, ne livrent qu'un nombre d'individus proche de celui constaté chez les témoins ou même sur l'échantillon Hc2.

Dans l'échantillon Hc3, nous avons trouvé une chenille contenant 3 chaînes polyembryonnaires, à des stades différents de développement, ayant globalement fourni 452 germes, ce qui constitue le maximum d'*Ageniaspis* que nous ayons pu observer dans un seul Hyponomeute.

d) *Chez les chenilles soumises dès la fin du stade I à une température constante de $+ 25^{\circ}\text{C}$ (échantillon Hc4).*

A cette température, la durée des stades II et III considérablement raccourcie est de 4 à 5 jours. La nymphose survient au 20^e jour. La mortalité larvaire est de 9,4 p. 100.

36 complexes embryonnaires ont été observés au cours du stade IV des chenilles. Ceux-ci renfermaient le plus souvent des embryons. Chez *Hyponomeuta cognatellus*, c'est dans cet échantillon que le taux moyen de polyembryonie atteint son maximum : 152,4 individus par chaîne alors que la valeur médiane se situe à 141.

Ces deux données numériques ne présentent cependant qu'un intérêt limité. En effet, la répartition des chaînes en classes de 10 individus tend à devenir bimodale avec apparition de deux histogrammes irréguliers, séparés entre eux par la classe 180-189 où ne se range aucun des complexes observés. En considérant alors chacun des deux groupes, on constate que la moyenne de celui regroupant les plus petites chaînes (63,9 p. 100 de l'ensemble) est de 106,2 individus. Dans le groupe des plus grandes chaînes (36,1 p. 100 de l'ensemble) cette moyenne passe à 225,3 individus.

Dans cet ensemble hétérogène de résultats, allant de 63 à 257 individus formés à partir d'un seul œuf, on peut donc reconnaître deux groupes. Dans l'un, la capacité de multiplication des germes s'est trouvée stimulée sous l'influence d'une température élevée jusqu'à peut-être atteindre son maximum de potentialité. Pour l'autre groupe, la succession des clivages affectant les germes à mesure de leur évolution ne se trouverait pas stimulée. Cette hypothèse sera discutée ultérieurement.

e) Chez les chenilles soumises à une alternance quotidienne entre $+ 7^{\circ}\text{C}$ et $+ 25^{\circ}\text{C}$ (échantillon Hc5).

Les chenilles passent toutes les 24 heures d'une température extrême à l'autre. Elles vivent donc la succession photophase-scotophase soit à $+ 7^{\circ}\text{C}$, soit à $+ 25^{\circ}\text{C}$. La mortalité larvaire s'élève à 11,6 p. 100. L'ensemble du développement est considérablement accéléré (fig. 1) par rapport au témoin.

Cet échantillon a fourni 58 complexes polyembryonnaires aux stades larvaires I et II d'*Ageniaspis* (obtenus de chenilles au stade IV) dont la distribution se calque sensiblement sur celle de l'échantillon précédent. 10,5 p. 100 des chaînes présentent toutefois plus de 250 embryons. C'est dans cet échantillon que nous avons trouvé la chaîne polyembryonnaire contenant le plus grand nombre d'individus : 283.

Les remarques faites à propos de l'échantillon précédent s'appliquent en s'accroissant encore ici. La répartition en deux groupes se confirme puisqu'on ne trouve pas de structures parasites renfermant de 180 à 209 germes. Pour le premier groupe (76,8 p. 100 de l'ensemble) la moyenne du nombre d'individus par chaîne est de 104,7. Dans le second groupe (23,2 p. 100 des cas) cette moyenne s'élève à 249,1. La plus grande partie des complexes présente simultanément des germes de différentes natures ; de nombreux embryons voisinent avec les larves de premier stade. Les germes dégénérés se retrouvent en proportion sensiblement équivalente dans les complexes des deux groupes.

II. — Variation du taux de polyembryonie d'*Ageniaspis fuscicollis* parasitoïde d'*Hyponomeuta malinellus* en fonction de la température

Pour chacun des échantillons, les histogrammes ont été établis à partir de 20 complexes polygerminaux parasitant les chenilles de stades IV ou V.

1. Échantillon-témoin (Hm1).

Dans l'échantillon-témoin, l'histogramme des fréquences du nombre des *Ageniaspis* (par classes de 10 individus) présente une étendue de 60 individus. Le mode se situe à 65, la moyenne par chaîne à 60 et la médiane à 62,5. Par rapport à 1973, ces données sont nettement inférieures puisque nous avons alors établi que le mode était de 85 et la moyenne de 82,8 (NÉNON, 1974 a). Ceci met en évidence, les fluctuations importantes qui peuvent survenir d'une année à l'autre dans le taux de polyembryonie d'*Ageniaspis fuscicollis*.

2. Conséquence d'une exposition momentanée des chenilles-hôtes à la température de $+ 7^{\circ}\text{C}$ (fig. 3).

a) Dès le début du stade II pendant 30 jours (échantillon Hm2).

Les chenilles au début du stade II vivent en mineuses dans les jeunes feuilles du pommier. Elles peuvent être observées aisément par transparence dans leur mine (= hyponomium) creusée dans le parenchyme foliaire alors que les deux épidermes sont respectés.

Les *Hyponomeutes* supportent mal ce séjour au froid et la mortalité larvaire.

s'élève à 31 p. 100 à l'issue de 30 jours. Près de la moitié des survivants (46,7 p. 100) muent et passent au stade III. POPOV (1956) estime à 6,3°C le seuil thermique inférieur permettant cette mue. La dissection des chenilles de stade III montre des structures polygerminales d'*Ageniaspis* d'une taille de 200 à 450 μ , à un stade peu avancé de développement puisque les noyaux embryonnaires constituent la majorité des germes.

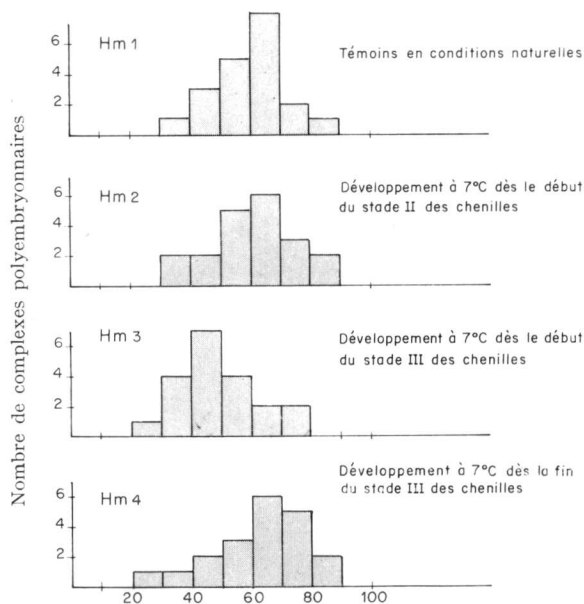


FIG. 3. — Développement d'*Ageniaspis fuscicollis* dans *Hyponomeuta malinellus* en conditions expérimentales (refroidissement à 7°C)
Fréquences du nombre de germes par complexe polyembryonnaire

À l'issue d'un mois de refroidissement, les chenilles sont réinstallées en conditions naturelles. La polyembryonie se déclenche alors que reprend le développement des chenilles mais le synchronisme entre la croissance de l'hôte et celle de son parasitoïde est alors totalement rompu.

Le comptage des germes sur 20 structures polygerminales obtenues au cours du 5^e stade larvaire de l'hyponomeute fournit des résultats très comparables à ceux de l'échantillon-témoin puisque le mode s'établit à 65, la moyenne du nombre d'individus par chaîne à 60,4, la valeur médiane à 61.

Il faut souligner que dans cet échantillon, la majeure partie des clivages polyembryonnaires se produit près d'un mois après les témoins. Les températures naturelles du moment (10 juin environ) étaient alors beaucoup plus élevées qu'en mai, or ceci reste sans conséquence sur le nombre d'*Ageniaspis* formés.

b) Au début du stade III (échantillon Hm3).

Nous avons prévu de maintenir les chenilles 30 jours à + 7°C. À cause de la mortalité qui se déclencha à partir du 11^e jour, nous avons dû ramener l'échantillon en conditions naturelles le 14^e jour après que 34 p. 100 des *Hyponomeutes* soient morts.

A la température de $+ 7^{\circ}\text{C}$, les chenilles cessent en effet de s'alimenter et tombent en léthargie totale. Après ces 13 jours, les kystes parasites renferment des germes moruliformes dont le nombre n'a pas augmenté depuis le début du refroidissement. Lors de la reprise du développement des Hyponomeutes, on assiste à la formation des chaînes polyembryonnaires mais celles-ci ne contiennent qu'un petit nombre d'*Ageniaspis*. Le mode de l'histogramme s'établit alors à 45. Son étendue de 60 individus s'inscrit entre des valeurs extrêmes faibles (25-77). 80 p. 100 des chaînes renferment alors moins de 60 individus. L'exposition au froid semble donc inhiber définitivement la scission des germes. Leur faculté de multiplication ne réapparaît pas avec le réchauffement. Cette inhibition ne se manifestait pas chez *Hyponomeuta cognatellus* qui supportait presque sans dommage l'exposition au froid. Cette différence peut être rapprochée de l'éthologie des chenilles ; les chenilles d'*Hyponomeuta cognatellus* dont la réactivation printanière est la plus précoce supportent mieux, ainsi que leur parasitoïde, les basses températures. L'exposition brutale au froid intervenant juste avant la fin des processus d'émiettement bloque définitivement ceux-ci qui se produisent par contre si toute la période de polyembryonie se passe à $+ 7^{\circ}\text{C}$ c'est-à-dire dès le début du stade II.

c) *A la fin du stade III* (échantillon Hm4).

Parvenues en fin de stade III, les chenilles d'*H. malinellus* supportent mieux l'exposition au froid que les larves du début de ce stade. Après 20 jours, la mortalité est de 15,4 p. 100. Le retour en conditions naturelles caractérisées alors par de hautes températures (20 juin 1975) permet l'achèvement du développement des Hyponomeutes. Ceux-ci disséqués au cours de leur cinquième stade larvaire fournissent des chaînes polyembryonnaires contenant des larves d'*Ageniaspis* de second stade.

L'histogramme obtenu est très analogue à celui de l'échantillon-témoin (mode 65, moyenne par chaîne : 61,9 individus). Ceci montre donc qu'une exposition au froid alors que les clivages sont terminés reste sans conséquence sur le taux de polyembryonie de l'entomophage.

La température de $+ 7^{\circ}\text{C}$ n'agit donc sur le taux de polyembryonie en le diminuant que si elle s'exerce brutalement au moment où la prolifération des individus résulte du clivage des germes moruliformes. Ceux-ci sont en effet définitivement inhibés dans leur potentialité de multiplication.

3. *Conséquence d'une exposition momentanée des chenilles-hôtes à la température de $+ 25^{\circ}\text{C}$* (fig. 4).

L'échantillon-témoin (Hm1) est le même que celui de la série précédente. Il est reporté sur la figure 4 pour faciliter les comparaisons. Les chenilles ont été maintenues à la température de $+ 25^{\circ}\text{C}$ au début du stade II, au début et à la fin du stade III, c'est-à-dire aux mêmes périodes que celles choisies pour le refroidissement.

a) *Dès le début du stade II des chenilles* (échantillon Hm5).

A la température constante de $+ 25^{\circ}\text{C}$, la durée moyenne de la vie larvaire du stade II à la mue nymphale a été de 14 jours. POPOV (1956) estime cette durée à 18 jours pour une température de $+ 23,5^{\circ}\text{C}$. Les chenilles parasitées ont été disséqués au 5^e stade.

On constate, dans ces conditions, que le taux de polyembryonie d'*Ageniaspis*

s'accroît. L'étendue de l'histogramme va de 44 à 113 individus. Par rapport au mode de l'échantillon-témoin (65), 80 p. 100 des chaînes de cet échantillon renferment plus d'individus. Ce nouveau mode s'établit alors à 95 et la moyenne à 84,5 Encyrtidés par chaîne.

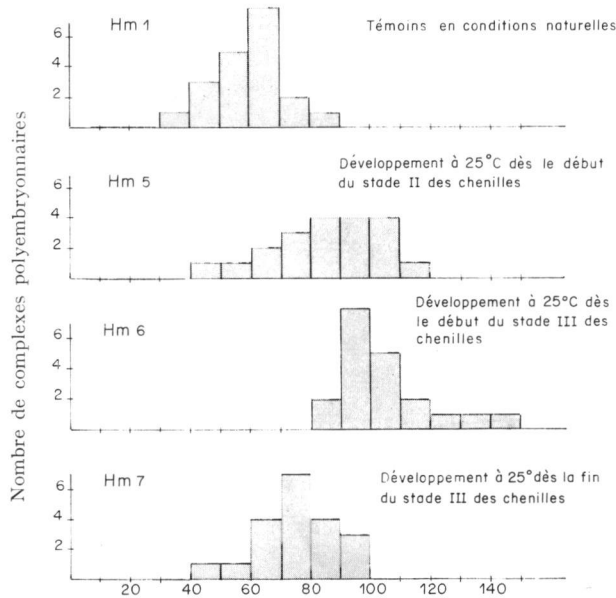


FIG. 4. — Développement d'*Ageniaspis fuscicollis* dans *Hyponomeuta malinellus* en conditions expérimentales (réchauffement à 25°C)
Fréquences du nombre de germes par complexe polyembryonnaire

b) Dès le début du stade III des chenilles (échantillon Hm6).

L'augmentation constatée précédemment s'accroît encore ; les chaînes renferment de 80 à 149 individus. 40 p. 100 des cas examinés fixent le mode de l'histogramme à 95 individus (comme dans l'échantillon Hm5) mais la moyenne s'élève à 104,3 insectes par chaîne. 50 p. 100 des cordons polyembryonnaires renferment plus de 100 individus.

Le taux de polyembryonie se trouve donc plus modulé, dans le sens de l'augmentation lorsque le développement à + 25°C des chenilles d'*Hyponomeutes* commence au début de leur troisième stade. Dans ce cas, les germes moruliformes d'*Ageniaspis* s'émiettent en plus grand nombre ce qui engendre un nombre plus élevé de descendants que dans le cas où l'ensemble du développement de la chenille-hôte donc de la polyembryonie du parasite, s'effectue à + 25°C.

c) A la fin du stade III des chenilles (échantillon Hm7).

L'étendue de l'histogramme est de 60 individus entre les extrêmes 40 et 100. Une légère augmentation se manifeste par rapport au témoin. Au mode de 75, correspond une moyenne de 74,9 individus par chaîne.

Le début de l'exposition à une température élevée apparaît ainsi trop tardif

pour modifier significativement le nombre des descendants d'un œuf de l'entomophage. Seules quelques rares blastulas peuvent alors se trouver stimulées dans leur clivage.

DISCUSSION

De cet ensemble de résultats, il ressort que la phase active de multiplication des germes, capables d'augmenter le nombre d'*Ageniaspis* naissant d'un seul œuf concerne essentiellement le stade morula.

Les noyaux embryonnaires ne semblent pouvoir être que peu stimulés dans leur multiplication. Par contre, une température élevée (25°C) se révèle très active sur la prolifération des morulas (échantillons Hc4 et Hm6). Cette prolifération est encore beaucoup plus nette si le choc dû à une haute température s'exerce au moment où débute ce phénomène en conditions naturelles plutôt que lors de phases plus précoces du développement. Ainsi peuvent s'expliquer les différences constatées entre les échantillons Hc2 et Hc3 chez l'hôte *Hyponomeuta cognatellus* et entre les échantillons Hm5 et Hm6 chez *Hyponomeuta malinellus*.

En considérant les échantillons Hc4 et Hm5, il apparaît que l'augmentation relative du taux de polyembryonie d'*Ageniaspis fuscicollis* est, malgré la similitude des conditions expérimentales, plus forte chez *H. cognatellus*. C'est donc l'écart de température existant entre les conditions naturelles et expérimentales qui conditionne le taux de polyembryonie de l'entomophage dans le sens de l'augmentation. Cette amplitude de température, liée à l'éthologie larvaire des Hyponomeutes, est plus importante chez *H. cognatellus* dont la réactivation printanière se produit pour des températures plus basses que celles nécessaires à *H. malinellus*.

Les conséquences d'un choc de température, par refroidissement cette fois, diffèrent également sur le taux de polyembryonie de l'entomophage selon qu'il se reproduit dans l'une ou l'autre espèce de Lépidoptères. Chez *H. cognatellus*, la polyembryonie n'est pas affectée par un séjour prolongé au froid (échantillons Hc2 et Hc3). Par contre chez *H. malinellus* le même traitement s'avère définitivement inhibiteur de la multiplication des morulas (échantillon Hm3) s'il se produit au début du troisième stade larvaire de l'hôte.

Il serait peut-être possible de lever cette inhibition (persistant dans les conditions expérimentales choisies) en procédant à un réchauffement plus important des chenilles après leur séjour à + 7°C.

Selon l'ampleur du choc thermique et le stade de développement du parasitoïde, le taux de polyembryonie se trouve expérimentalement plus ou moins augmenté par la stimulation du clivage des morulas dont 60 p. 100 se divisent normalement, et de façon moindre par celui des blastulas dont 20 p. 100 seulement se fragmentent en 2 germes-fils (NÉNON, 1974 b).

Deux hypothèses peuvent alors être envisagées : un petit nombre de morulas s'émiettent en de nombreux germes-fils ou la majeure partie des morulas (sinon toutes) subissent une scission. A partir de l'observation des complexes polyembryonnaires préparés avant le début de l'embryogenèse, la seconde hypothèse semble plus plausible, bien que de nettes différences de taille existent cependant entre les morulas.

Les histogrammes des échantillons Hc4 et Hc5 montrent l'apparition de deux

groupes de chaînes par l'importance du nombre des individus qu'elles contiennent. Ainsi, certains complexes ne renferment qu'un nombre d'individus proche de ceux de l'échantillon-témoin tandis que d'autres en comptent près de 300. La température apparaît donc comme un facteur positif de prolifération des germes dont l'action serait dépendante d'un autre ou d'un groupe d'autres facteurs pouvant être liés soit au complexe polyembryonnaire lui-même, soit à la physiologie de l'hôte. L'augmentation de température intervenant au début du clivage des morulas n'aurait d'effet que si elle se produit en présence d'un facteur à préciser. Bien qu'aucune preuve n'en puisse actuellement être donnée, il semble possible que l'interdépendance des facteurs évoquée soit la température et la pression osmotique dont le rôle a été montré sur les cas de blastotomie expérimentale (BATAILLON, 1900). MARCHAL (1904 b) estimait que les variations de pression osmotique suffisaient à provoquer la polyembryonie.

Si cette hypothèse permet de comprendre les résultats de l'échantillon Hc5 (chocs thermiques journaliers entre $+7^{\circ}\text{C}$ et $+25^{\circ}\text{C}$) elle est moins satisfaisante pour expliquer la grande variation du taux de polyembryonie d'*Ageniaspis* dans le cas de l'échantillon Hc4. L'observation de germes en dégénérescence permet alors d'envisager une nouvelle hypothèse : la prolifération des germes serait sensiblement égale dans tous les complexes mais certains d'entre eux perdraient une partie de leurs germes par dégénérescence, ce qui ramènerait le taux de polyembryonie de l'entomophage à un niveau relativement peu élevé.

Cette dernière hypothèse pourrait être vérifiée dans la mesure où l'observation des complexes aurait lieu juste à la fin (sinon en cours) de la polyembryonie. Or nos observations ont porté sur des chaînes contenant déjà des embryons auxquels se mêlaient quelques germes en dégénérescence en proportion sensiblement égale dans l'ensemble des cordons polyembryonnaires de l'échantillon. La dégénérescence de germes n'apparaît jamais lors d'un développement en conditions naturelles (NÉNON, 1974 a).

CONCLUSION

La « polyembryonie spécifique » (MARCHAL, 1904 a) ou « germinogonie » (BRANDES, 1898) de l'entomophage *Ageniaspis fuscicollis* est largement dépendante de la température de développement de ses hôtes.

Il est probable que l'activation des clivages des morulas (qui jouent un rôle déterminant dans le nombre d'insectes naissant d'un seul œuf) ne peut être induite qu'au cours d'une période extrêmement brève et que ce processus reste sous dépendance de facteurs liés à l'hôte.

Dans les conditions de « polyembryonie expérimentale » décrites, l'augmentation du nombre d'Encyrtidés par hôte parasité, se révèle très importante si une élévation brutale de température accompagne le début de scission des morulas.

Bien que les résultats énoncés ici ne puissent être extrapolés qu'avec une nécessaire prudence au développement naturel, cette constatation peut expliquer, en partie, les variations annuelles du taux de polyembryonie d'*Ageniaspis fuscicollis* observées chez 4 espèces d'*Hyponomeuta* : *H. malinellus*, *H. cognatellus*, *H. padellus* et *H. mahalebellus*.

Reçu pour publication en janvier 1976.

SUMMARY

CHANGES IN THE RATE OF POLYEMBRYONY
OF THE PARASITOID *AGENIASPIS FUSCICOLLIS* DALM.
ACCORDING TO THE DEVELOPMENTAL TEMPERATURE OF ITS HOSTS

The rate of polyembryony of the entomophage *Ageniaspis fuscicollis* (Hymenoptera, Chalcidoidea) goes through important variations, according to the year for the same carrier of parasite belonging to the group Hyponomeuta (Lepidoptera).

In order to appreciate the influence that the temperature could have on the process of axesal multiplication, some samples collected during spring 1975 among populations carrying parasites, have been subjected to the different temperature + 25°C and + 7°C during the larval stages I and II of the host.

It follows that the phase of polyembryony which is sensible to these temperatures affects the multiplication of the morulas essentially. Cold inhibits temporarily or definitively, according to the carriers their potentiality of cleaving. Warmth appears to be a convenient factor of multiplication of the germs. However the experimental variations of the rate of polyembryony of *Ageniaspis fuscicollis* are really different from according to the considered carriers in relation with the larval ethology of two groups of Hyponomeutes.

The modality of multiplication of the morulas under the action of a high temperature is discussed so as the eventual intervention of other factors in this process of multiplication of the germs all issued from an only egg of the parasite.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BATAILLON E., 1900. Pression osmotique et polyembryonie expérimentale. *C. R. Acad. Sci.*, **130**, 1480-1482.
- BRANDES G., 1898. Germinogonie, eine neue Art der ungeschlechtlichen Fortpflanzung. *Z. gesamt. Naturwiss. Halle*, **70**, 420-422.
- BUGNION E., 1891. Recherches sur le développement postembryonnaire l'anatomie et les mœurs de l'*Encyrtus fuscicollis*. *Rec. Zool. Suisse*, **5**, 435-534.
- JUNNIKALA E., 1960. Life History and Insect enemies of *Hyponomeuta malinellus* ZELL. (Lep, Hyponomeutidae in Finland). *Ann. Soc. Zool. « Vanamo »*, **12**, 1-44.
- MARCHAL P., 1898. La dissociation de l'œuf en un grand nombre d'individus distincts et le cycle évolutif chez l'*Encyrtus fuscicollis* (Hyménoptère). *C. R. Acad. Sci.*, séance du 28 février.
- MARCHAL P., 1904 a. Recherches sur la biologie et le développement des Hyménoptères parasites. I. Polyembryonie spécifique ou germinogonie. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 4 série, II, 257-335.
- MARCHAL P., 1904 b. Le déterminisme de la polyembryonie spécifique et le déterminisme du sexe chez les Hyménoptères à développement polyembryonnaire. *C. R. séances Soc. Biol.*, **56**, 468-470.
- MARTIN F., 1914. Zur Entwicklungsgeschichte des polyembryonalen Chalcidiers *Ageniaspis* (= *Encyrtus*) *fuscicollis*. *Z. Wiss. Zool.*, **110**, 419-479.
- NÉNON J. P., 1974 a. Parasitisme naturel et expérimental du genre *Hyponomeuta* LATR. (Lépidoptère) par l'entomophage polyembryonnaire *Ageniaspis fuscicollis* DALM (Hyménoptera, Chalcidoidea). *Ann. Zool.-Écol. Anim.*, **6** (3), 383-405.
- NÉNON J. P., 1974 b. Nouvelles données sur la polyembryonie de l'entomophage *Ageniaspis fuscicollis* DALM. (Hyménoptère, Chalcidien). *Ann. Embr. Morph.*, **7** (2), 151-157.
- NÉNON J. P., 1975. Influence du volume de différents hôtes sur le taux de polyembryonie d'*Ageniaspis fuscicollis* (Hyménoptera, Chalcidoidea). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **100**, 561-573.
- POPOV P., 1956. Contribution à la biologie, écologie et prognose de *Hyponomeuta malinellus* ZELL. en Bulgarie. *Seltokospraska*, **9**, 21-36 (en bulgare).

ÉTUDE CRITIQUE DE LA MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE DES NÉMATODES A KYSTES DANS LE SOL ET DE LA VALIDITÉ DES DIFFÉRENTS CRITÈRES D'ESTIMATION DES POPULATIONS

D. MUGNIERY et Hélène ZAOUCHI

*Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie ⁽¹⁾, I. N. R. A.,
Centre de Recherches de Rennes, E. N. S. A.,
65, rue de Saint-Brieuc,
35042 Rennes Cedex*

*Laboratoire de Nématologie Section phytosanitaire, I. N. R. A. A.,
B.P. 80, Maison Carrée (Algérie)*

RÉSUMÉ

En parcelles expérimentales, le relevé des populations de nématodes à kystes consiste à prélever quarante prises élémentaires selon un quadrillage fixe. Ces prises, rassemblées, constituent l'échantillon. Divers facteurs influent sur la variation de cet échantillonnage : l'influence du labour, de la profondeur de sondage et de l'humidité relative du sol sont analysés. Ces facteurs agissent séparément ou ensemble et peuvent entraîner des erreurs de 100 p. 100 sur le recouvrement des kystes.

Ces facteurs étant fixés, la fidélité de la méthode d'échantillonnage est étudiée selon deux processus différents. Pour chaque critère, les distributions de fréquences sont analysées. Un intervalle de confiance pour le critère kystes par 100 grammes de sol est calculé sans transformation préalable. Pour les autres critères, larves par kyste ou par gramme de sol, la normalisation des données est réalisable après transformation logarithmique. D'autres particularités sont mises en évidence, entre autres, la stabilité du pourcentage de larves viables dans les kystes et les corrélations hautement significatives existant entre le nombre de kystes d'espèces différentes relevés à l'analyse des échantillons. L'utilisation pratique de ces résultats sera envisagée dans une étude ultérieure.

A. — INTRODUCTION

Comme pour la majorité des espèces de la faune tellurique, la répartition dans le sol des kystes d'*Heterodera rostochiensis* WOLL. n'est pas régulière (OOSTENBRINK,

(¹) Précédemment laboratoire de Nématologie Section phytosanitaire I.N.R.A.A., B. P. 80 Maison Carrée (Algérie).

1950) mais agrégative. Les relevés de populations sont donc réalisés par la collecte d'un nombre n de prises élémentaires qui, rassemblées, constituent l'échantillon. HARRIS, HORVITZ et MOOD (1948), HEALY (1962), DAGNELIE (1964), MERNY et DEJARDIN (1970) calculent la valeur de n en fonction de la densité de population échantillonnée, son type de répartition spatiale et la précision demandée à la mesure. Pour des travaux de protection phytosanitaire en matière de nématode à kystes de la Pomme de terre, la « Conference of Advisory Entomologists » fixe à 50 la valeur de n pour des superficies n'excédant pas 4 ha (ANSCOMBE, 1950). En parcelles expérimentales, le chiffre généralement retenu est de 40, compromis entre la précision exigée et le travail d'analyse au laboratoire. Les 40 prises élémentaires de sol sont collectées selon un quadrillage fixe, plutôt que prélevées au hasard (CHURCH, GOUTH et SOUTHEY 1959).

La fidélité de cette méthode d'échantillonnage, étudiée pour des parcelles de culture par STELTER (1971), n'a jamais été systématiquement recherchée en parcelles d'expérimentation. Les résultats d'analyse fournissent des données purement indicatives dont on ne connaît pas la valeur. Or, il est souvent nécessaire, en expérimentation, de mesurer l'incidence d'une intervention chimique ou culturale quelconque par comparaison des populations initiales et finales. En l'absence de toute connaissance sur l'intervalle de confiance des mesures, il est parfois difficile de savoir si les différences observées sont réelles ou relèvent de l'imprécision de l'échantillonnage. L'objet de ce travail est donc, après avoir défini les modalités d'utilisation de l'échantillonnage classique — 40 prises prélevées selon un quadrillage fixe — d'en étudier la fidélité pour les nématodes à kystes et de calculer un intervalle de confiance sur les données brutes ou transformées selon un processus à définir.

Pour éviter toute erreur due au sous-échantillonnage (JONES, 1955 ; MORIATY, 1960), les échantillons sont toujours analysés dans leur totalité grâce à l'élutriateur de Fenwick ; tous les kystes extraits sont isolés à l'acétone, dénombrés et écrasés sans exception pour en apprécier le contenu.

B. — ÉTUDE DES CONDITIONS D'UTILISATION DE LA MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE CLASSIQUE

Les études de dynamique de populations sont basées sur la mesure quantitative de l'évolution des nématodes à la suite de la culture d'une plante hôte, sensible ou résistante, non-hôte, etc. Il semble donc important d'échantillonner avant et après la culture dans les mêmes conditions.

Or, avant culture, l'échantillon est toujours prélevé sur sol labouré, prêt au semis, et sur une profondeur de 20 cm. Après culture, le prélèvement est parfois effectué sur sol sec, labouré ou non et ces deux facteurs peuvent influencer sur le recouvrement des kystes. Nous étudierons ici l'importance de ces deux facteurs, influence du labour et état hydrique du sol.

I. — *Influence du labour*

Après culture de variétés hôtes, la concentration en kystes est maximale entre 0 et 10 cm de profondeur, moindre entre 10 et 20 cm (CHITWOOD et FELDMESSER, 1948), négligeable au-delà (OOSTENBRINK, 1950).

L'absence de labour après culture risque donc de provoquer des erreurs systématiques que nous allons mesurer.

1. Matériel et méthode.

Après culture d'une variété de pomme de terre sensible, on échantillonne 16 parcelles de 10 m², situées à Fort de l'Eau (Algérie), en juin 1970 selon trois processus différents :

— Échantillon A : constitué de 40 prises élémentaires prélevées avant labour avec des gouges semi-cylindriques de 10 cm de long et 1,5 cm de diamètre.

— Échantillon B : constitué de 40 prises élémentaires prélevées après labour du sol sur 20 cm, avec les mêmes gouges de sondage.

— Échantillon C : constitué de 40 prises élémentaires prélevées après labour à l'aide de gouges semi-cylindriques de 20 cm de long et 1,5 cm de diamètre.

Le contenu des kystes est estimé par broyage pour 12 parcelles.

2. Résultats.

Les données d'analyses, condensées dans le tableau 1, sont exprimées respectivement en kystes par 100 grammes de sol (K/100 g) et en larves viables par kyste (Lv/K).

L'analyse de variance effectuée sur les deux critères conduit à deux conclusions importantes. En K/100 g, l'échantillon A est hautement significativement différent des deux autres. En Lv/K, il n'existe pas de différences entre échantillons.

TABLEAU 1

Influence de trois modalités d'échantillonnage sur le dénombrement des kystes (K/100 g) et des larves (Lv/K)

Parcelle	Échantillonnage A		Échantillonnage B		Échantillonnage C	
	avant labour		après labour			
	0-10 cm		0-10 cm		0-20 cm	
	K/100 g	Lv/K	K/100 g	Lv/K	K/100 g	Lv/K
1	142	23	94	49	56	29
2	118	34	77	39	53	35
3	106	39	67	42	50	79
4	116	—	51	—	47	—
5	131	35	117	33	81	31
6	105	47	58	65	59	60
7	69	—	47	—	59	—
8	82	39	44	52	50	40
9	149	45	34	32	51	45
10	69	—	61	—	51	—
11	115	29	71	48	45	45
12	129	47	61	40	54	59
13	96	—	81	—	56	—
14	105	45	60	78	42	50
15	55	31	49	62	44	43
16	91	65	74	72	68	33
Moyenne	105	40	65	51	54	46

3. Discussion.

L'analyse du tableau 1 montre l'importance à accorder au facteur labour pour les résultats formulés en K/100 g. Avant labour, la concentration des kystes est maximale entre 0 et 10 cm de profondeur. Après retournement du sol, l'échantillonnage C, effectué sur toute la couche arable, prélève une quantité de kystes identique pour un volume de terre deux fois plus important. On parvient donc, pour des résultats formulés en K/100 g, à des chiffres variant du simple au double entre les échantillons A et C. L'absence de différences entre les échantillons B et C indique que le labour répartit verticalement les kystes de manière satisfaisante.

Cette conclusion est confirmée par l'analyse du critère L_v/K . L'absence de différence entre les échantillons, quelle que soit la méthode utilisée, montre que, globalement, ce sont les mêmes types de kystes que l'on prélève. Seule leur densité change.

II. — Influence de l'humidité relative du sol

Avant culture, les échantillons sont prélevés sur des terres humides, correspondant à l'état d'un sol prêt au semis. Après culture, le sol est sec, particulièrement en été et il faut attendre parfois plusieurs mois pour que celui-ci retrouve la même humidité relative qu'avant culture.

Il importe donc de savoir si l'humidité relative du sol a une incidence sur les résultats de l'échantillonnage.

1. Matériel et méthode.

Après culture, 32 parcelles d'expérimentation de 30 m², situées à Saint-Malo (France) et infestées par *H. pallida* et *H. schachtii*, sont labourées sur 20 cm, et échantillonnées à deux reprises. Le premier échantillonnage a lieu le 1^{er} septembre 1972 sur sol très sec, le 2^e échantillonnage a lieu le 30 septembre 1972 sur sol gorgé d'eau. Dans l'intervalle, les précipitations du mois ont été de l'ordre de 350 mm et le terrain a été laissé en jachère nue.

La couche arable est argilo-sablonneuse.

2. Résultats.

Les données d'analyse en kystes par 100 grammes de sol sec et tamisé à 1 mm sont consignées dans la figure 1.

On constate une augmentation systématique, à une exception près, de la densité en kystes. Pour les deux espèces *H. pallida* et *H. schachtii*, la corrélation globale entre données du 1^{er} septembre et du 30 septembre, transformées en logarithmes, est très forte : 0,99 pour 62 degrés de liberté et le coefficient de régression est de 0,97, non significativement différent de 1. La différence enregistrée entre les deux échantillonnages est de $\times 1,31$.

3. Discussion.

Biologiquement, le nombre de kystes n'a pas pu augmenter entre les deux échantillonnages, le terrain ayant été laissé en jachère nue. Tout au plus, aurait-on pu enregistrer une diminution très faible de populations. Le taux d'augmentation calculé de $\times 1,31$ est dû à une erreur systématique dont l'origine est à rechercher dans la texture du sol.

Une donnée utilisable est le pourcentage d'éléments grossiers du sol, supérieurs

à 1 mm. Entre le 1^{er} et le 30 septembre, ce pourcentage passe de 24,91 p. 100 à 21,56 p. 100 en moyenne géométrique et de 25,07 p. 100 à 21,65 p. 100 en moyenne algébrique. A une exception près, tous les pourcentages ont diminué.

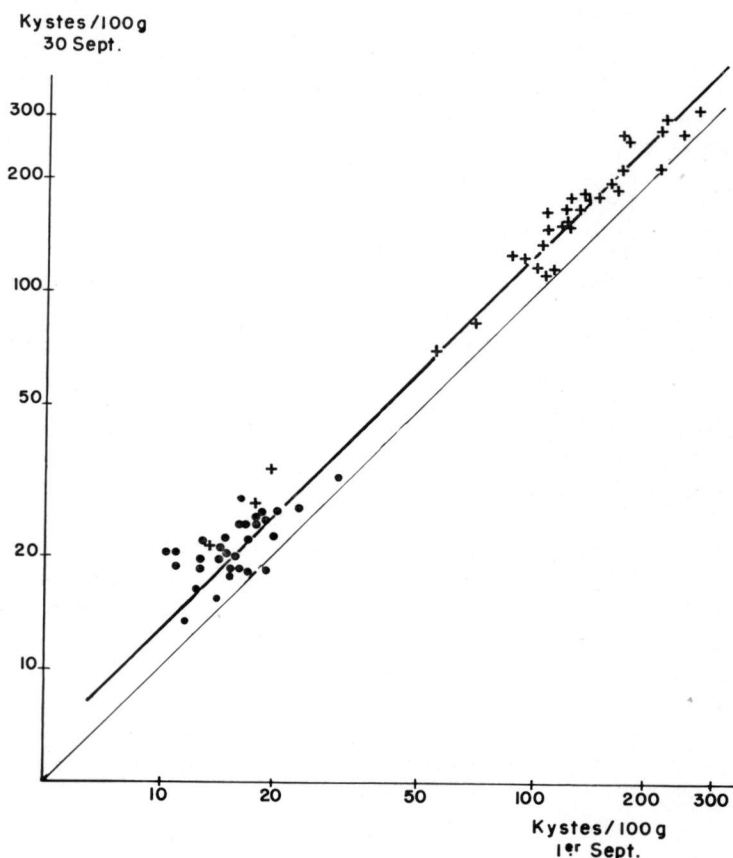


FIG. 1. — Influence de l'humidité du sol sur le recouvrement des kystes d'*Heterodera*

+ *H. pallida*
• *H. schachtii*

L'échantillonnage du 1^{er} septembre est effectué sur sol sec,
celui du 30 septembre sur sol très humide

Or, en 1971, dans le même champ, trois parcelles ont été échantillonnées 40 fois de suite et nous avons pu évaluer l'écart-type du pourcentage d'éléments supérieurs à 1 mm. Cet écart-type est de 0,5 pour des pourcentages moyens de 16 à 20 p. 100. L'écart enregistré dans l'expérimentation ci-dessus est largement supérieur à l'écart-type. Les deux échantillons ne sont donc pas équivalents. Pour bien expliquer cette différence, nous avons, en août 1973, dans les mêmes terrains, planté des tiges d'acier jusqu'à une profondeur de 50 cm et marqué l'affleurement supérieur de la surface du sol. Après les pluies d'automne, en novembre, cet affleurement est supérieur de 0,5 à 1 cm à celui préalablement inscrit.

On peut expliquer l'erreur systématique par les faits suivants : les gouges de

sondage prélèvent des volumes de terre et non des poids. On peut considérer que, sur 40 microprises par parcelle, le volume global prélevé est à peu près fixe. Or les kystes sont répartis dans un volume et non un poids. Sur sol humide, la gouge prélève donc une quantité donnée de kystes répartis dans un volume donné. L'échantillon, séché pour l'analyse à l'élutriateur de Fenwick, perd donc un poids correspondant à la quantité d'eau qu'il contenait. On trouve donc, en moyenne, plus de kystes par unité de poids sur sol humide que sur sol sec. La différence est aggravée, sur terrain sec, par la prise d'un demi à un centimètre de semelle de labour, riche en éléments grossiers et pauvre en kystes.

On obtient donc :

— sur sol sec :

un poids global d'échantillon séché important	1 412 g niveau 100
un pourcentage d'éléments grossiers important ...	25 p. 100 — 100
une densité en kystes faible	— 100

— sur sol humide :

un poids global d'échantillon séché réduit	1 110 g niveau 79
un pourcentage d'éléments grossiers réduit	22 p. 100 — 88
une densité en kystes forte	— 131

Pour éviter ce type d'erreurs systématiques, il convient donc que le prélèvement de terre ne soit effectué que dans la couche arable et sur toute sa hauteur. Il convient surtout de n'échantillonner que des terres ayant des teneurs en eau semblables, surtout s'il s'agit de mesurer des évolutions de populations. Il faut cependant souligner le caractère exceptionnel des précipitations enregistrées pendant la durée de l'expérimentation : remarquons toutefois que les terres sont souvent gorgées d'eau en automne-hiver dans la région de Saint-Malo et que les échantillons prélevés pendant cette période doivent surestimer constamment les populations.

III. — Conclusion

La méthode d'échantillonnage classique : 40 prises élémentaires prélevées selon un quadrillage fixe, exige pour être utilisée convenablement, quelques précautions élémentaires. Les kystes se formant préférentiellement dans les dix premiers centimètres de sol, la profondeur de sondage doit être celle de l'épaisseur de la couche arable normalement travaillée : un prélèvement superficiel surévalue toujours les populations, surtout quand il est précédé d'une culture-hôte et que le sol n'a pas été labouré. Le labour joue un rôle d'homogénéisation verticale très important. Un prélèvement trop profond risque de sous-évaluer fortement les populations. Les sondages se doivent donc d'être effectués selon des profondeurs fixes de l'ordre d'une vingtaine de centimètres. Ils doivent toujours être opérés dans les mêmes conditions et les différences de texture de sol ont un rôle important. Pour suivre des populations et surtout pouvoir les comparer, il convient de toujours échantillonner de la même manière : profondeur, 20 cm, quadrillage de parcelles, après labour et dans des conditions identiques d'humidité de sol.

C. — FIDÉLITÉ DE LA MÉTHODE
D'ÉCHANTILLONNAGE CLASSIQUE
DES POPULATIONS D'*HETERODERA*

Ayant défini les conditions d'utilisation de la méthode d'échantillonnage classique : 40 prises élémentaires prélevées selon un quadrillage fixe, prélèvement sur sol labouré sur toute la couche arable et dans des conditions fixes d'humidité du sol, nous étudierons la fidélité de cette méthode, c'est-à-dire les variations auxquelles il faut s'attendre. Nous examinerons quels sont les critères de mesure des populations directement utilisables.

Les variations dues à l'échantillonnage ont été testées par WIDDOWSON (1962) pour *H. rostochiensis*. Cet auteur analyse deux échantillons prélevés systématiquement dans chacune des 364 parcelles élémentaires de 1 m² d'un même champ. Il détermine une erreur intraparcelle de 30 p. 100 pour une densité moyenne de 130 kystes par 100 g de sol et de 58 p. 100 pour le nombre de larves viables par gramme de sol. L'auteur ne spécifie pas de quelle manière il a prélevé ses échantillons : il semble que chacun résulte d'un prélèvement unique de 150 à 200 g de terre et non de la somme de 40 prises élémentaires. D'autre part, l'analyse n'est effectuée que sur un sous-échantillon de 100 g et le contenu larvaire compté après broyage de 4 kystes. Étant donné l'ampleur des erreurs dues au sous-échantillonnage (JONES, 1955 ; MORIATY, 1960), la seule variation due à l'échantillon prélevé au champ ne peut être appréciée.

Pour connaître la fidélité de la méthode d'échantillonnage, nous avons opéré selon deux processus expérimentaux. La première méthode, indirecte, consiste à analyser deux séries d'échantillons de 40 prises élémentaires prélevées par couple sur le plus grand nombre possible de parcelles et à étudier les différences observées. La deuxième méthode consiste à prélever le plus grand nombre possible d'échantillons de 40 prises élémentaires sur un nombre réduit de parcelles expérimentales.

I. — *Estimation indirecte de la fidélité de l'échantillonnage*

1. *Matériel et méthode.*

78 parcelles de tailles réduites variant de 10 à 20 m² sont laissées, après labour, en jachère nue en été 1970 à Fort de l'Eau (Algérie). Deux échantillons sont prélevés par parcelle, en juillet et en septembre à l'aide de gouges de 20 cm de longueur et 1,5 cm de diamètre.

L'analyse de laboratoire ne portera que sur le nombre de kystes trouvés dans la totalité de l'échantillon.

2. *Résultats.*

Les données obtenues sont représentées sur la figure 2. Les densités en kystes (K/100 g) sont figurées en abscisses et en ordonnées, respectivement pour les mois de juillet et de septembre. Il n'y a pas de différences significatives au seuil 1 p. 100 du test *t* entre les deux séries d'échantillonnage.

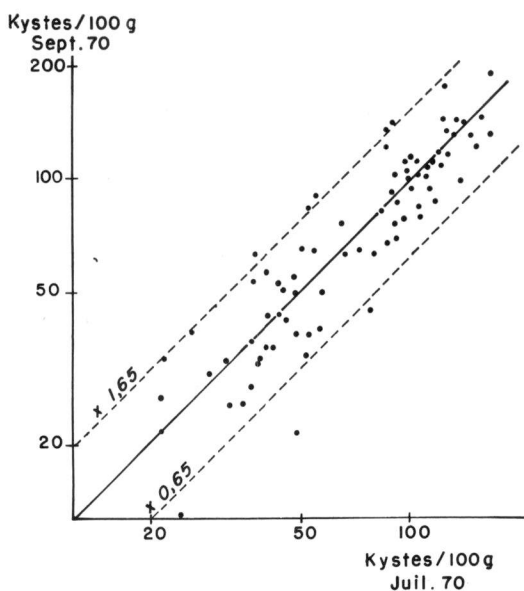


FIG. 2. — Variation du nombre de kystes d'*H. rostochiensis*, estimée à l'analyse de deux échantillons prélevés dans des conditions identiques

Les droites parallèles à la bissectrice situées à $X \ 1,65$ et $X \ 0,65$ correspondent aux limites de confiance à 95 p. 100

3. Discussion.

L'absence de toutes différences significatives entre les deux échantillons confirme le fait qu'il n'y a eu aucune évolution des kystes pendant la durée de l'expérimentation. Les différences intraparcelles observées sont donc dues à la seule méthode d'échantillonnage.

L'analyse de la distribution de l'ensemble des taux d'évolution montre que la normalité ne peut pas être rejetée. Les limites de confiance à 95 p. 100 centrées sur la valeur $x \ 1$ donnent $x \ 1,65$ et $x \ 0,65$. Ces limites sont représentées sur la figure 2 par deux droites parallèles à la bissectrice. La surface définie entre ces deux droites schématise le degré de fidélité de la méthode d'échantillonnage. La variation ainsi calculée de 65 p. 100 est très proche de celle calculée par WIDDOWSON (1962). Mais, en dehors du fait que les méthodes de prélèvements ne sont pas identiques, il faut noter que nos parcelles sont de 10 à 20 fois plus grandes que celles utilisées par cet auteur. Or, il était plausible d'espérer moins d'écarts pour des parcelles de 1 m² que pour des parcelles de 10 ou 20 m².

De manière indirecte, il semble donc que chaque échantillon soit entaché d'une erreur importante sur la densité en kystes. Si l'on admet, comme notre conclusion précédente semblait le montrer, que le critère L_v/K est peu variable, il s'ensuivrait pour le critère L_v/g une variation minimale de 65 p. 100 également. Néanmoins, la méthode utilisée ne permet pas de savoir si les limites de confiance calculées sont ou non dépendantes du niveau d'infestation. Or on peut penser que les erreurs enregistrées doivent être plus importantes pour de faibles infestations que pour de fortes infestations. Dans ce cas, les limites de confiance définies sont surévaluées pour les fortes populations et sous-évaluées pour les faibles.

II. — Estimation directe de la fidélité de l'échantillonnage

L'estimation directe de la fidélité de l'échantillonnage classique — nombreuses répétitions de sondage du même type dans une même parcelle — permet d'éviter les inconvénients de la méthode utilisée précédemment : nombre restreint de répétitions par parcelle (2) et variations interparcelles importantes dues à une répartition non régulière des kystes sur le terrain. Il n'est pas du tout évident, en effet, que les écarts observés soient indépendants du niveau d'infestation. De plus, il est possible que la taille de la parcelle intervienne. La méthode suivie permet d'éliminer ces inconvénients et de mesurer l'importance de plusieurs facteurs : taille de la parcelle, niveau d'infestation.

1. Matériel et méthode.

Trois parcelles différentes d'un même champ situé à Saint-Malo (France) mesurant chacune 20, 30 et 45 m² sont échantillonnées selon la méthode classique : 40 prises élémentaires prélevées selon un quadrillage fixe sur terrain labouré, à l'aide de gouges de 20 cm de longueur et de 1,5 cm de diamètre, constituent l'échantillon. L'opération est renouvelée 40 fois de suite pour les trois surfaces considérées.

Chaque phase de travail : collecte d'échantillon, analyse à l'appareil de Fenwick, triage des kystes à l'acétone, comptage des kystes et des larves, est réalisée par le même opérateur pour rendre l'erreur due à l'analyse la plus systématique possible. Rappelons en effet la mise en évidence par MORIATY (1960) de la variation personnelle des observateurs sur les résultats de comptage, variation due à l'âge, à la personnalité, à l'expérience, et variation évoluant avec le temps.

La population de nématodes à kystes est constituée d'*H. pallida*, d'*H. schachtii*, d'*H. cruciferae*. Le dénombrement des kystes est fait pour chaque espèce. Le comptage des larves, non effectué pour *H. cruciferae* par suite de la densité très faible de ce nématode, est obtenue après broyage de la totalité des kystes. Pour *H. pallida*, nous distinguons les larves viables Lv de l'ensemble du contenu larvaire Lt. Des essais préliminaires ayant montré que l'observation directe donne des résultats équivalents à ceux obtenus à l'aide de colorants sélectifs, phloxine ou New Blue R (SHEPHERD, 1962), la distinction entre larves viables et mortes est donc estimée à l'examen direct sans coloration.

2. Résultats.

Pour chaque espèce, les résultats non transformés sont représentés par les graphiques de fréquence (figures 3, 4 et 5). L'hypothèse de normalité est soumise au test de David-Hartley-Pearson.

Les distributions des kystes ne sont jamais normales pour *H. cruciferae*, espèce la moins bien représentée. Par contre, pour *H. pallida* et *H. schachtii*, à une exception près, le critère K/100 g présente une distribution pour laquelle l'hypothèse de normalité n'est pas rejetée. On notera cependant pour *H. pallida* une certaine tendance pour l'asymétrie vers la droite, mesurée par le coefficient g_1 . Cette tendance est beaucoup plus faible pour *H. schachtii* et inversée pour *H. cruciferae* (tabl. 2).

En ce qui concerne le critère Lv/g, il est nécessaire de distinguer entre *H. pallida* et *H. schachtii*. L'étude des coefficients de Pearson (tabl. 3) montre (SNEYERS R. 1974) que la normalité des distributions de ce critère peut être acceptée pour *H. pallida*. Par contre, pour *H. schachtii*, dont le potentiel infectieux est extrêmement bas, l'hypothèse de normalité est toujours rejetée. Pour le critère Lv/K, la même conclusion (tabl. 3) prévaut pour *H. schachtii*, mais pour *H. pallida*, seuls les résultats de la parcelle 20 m² sont à la limite de la normalité. Nous considérerons donc que le critère Lv/K ne présente pas de distribution gaussienne.

TABLEAU 2

Caractéristiques des distributions des kystes par 100 grammes de sol en fonction de la taille des parcelles et du niveau d'infestation

	45 m ²				30 m ²				20 m ²			
	<i>H. pallida</i>	<i>H. schachtii</i>	<i>H. schachtii</i>	<i>H. cruciferae</i>	<i>H. pallida</i>	<i>H. schachtii</i>	<i>H. schachtii</i>	<i>H. cruciferae</i>	<i>H. pallida</i>	<i>H. schachtii</i>	<i>H. schachtii</i>	<i>H. cruciferae</i>
Moyenne ($\bar{m}$)	145,94	22,09		0,14	189,64	26,02		0,24	158,18	23,05		0,35
Variance (s^2)	1 922,22	31,24		0,030	235,61	11,35		0,048	331,52	12,83		+ 0,036
Coefficient d'asymétrie (g_1)	— 0,78	— 0,80		+ 0,85	— 0,25	+ 0,06		+ 1,43	— 0,08	— 0,07		0,82
Coefficient d'aplatissement (b_2)	2,93	3,19		2,56	2,60	4,15		4,56	3,45	2,69		4,02

TABLEAU 3

Caractéristiques des distributions des critères Lv/g et Lv/K en fonction de la taille des parcelles et du niveau d'infestation

	45 m ²				30 m ²				20 m ²			
	<i>H. pallida</i>		<i>H. schachtii</i>		<i>H. pallida</i>		<i>H. schachtii</i>		<i>H. pallida</i>		<i>H. schachtii</i>	
Surfaces parcelaires	Lv/g	Lv/K	Lv/g	Lv/K	Lv/g	Lv/K	Lv/g	Lv/K	Lv/g	Lv/K	Lv/g	Lv/K
Critères des distributions												
Moyenne ($\bar{m}$)	43,19	32,65	0,31	1,64	33,91	17,96	0,64	2,46	31,76	20,18	0,39	1,66
Variance (s^2)	92,13	135,19	0,14	3,88	28,72	8,53	4,58	21,32	56,97	22,20	0,29	5,97
Coefficient d'asymétrie (g_1)	+ 0,30	+ 1,18	+ 2,03	+ 4,81	— 0,01	+ 0,87	+ 4,13	+ 3,82	+ 0,42	+ 0,26	+ 2,16	+ 2,45
Coefficient d'aplatissement (b_2)	3,15	4,26	7,05	5,96	2,50	4,33	21,53	18,92	3,10	2,54	7,23	8,59
Coefficient de variation (%)	22,30				15,18				22,77			

Lv/g : larves viables par gramme de sol,

Lv/K : larves viables par kyste.

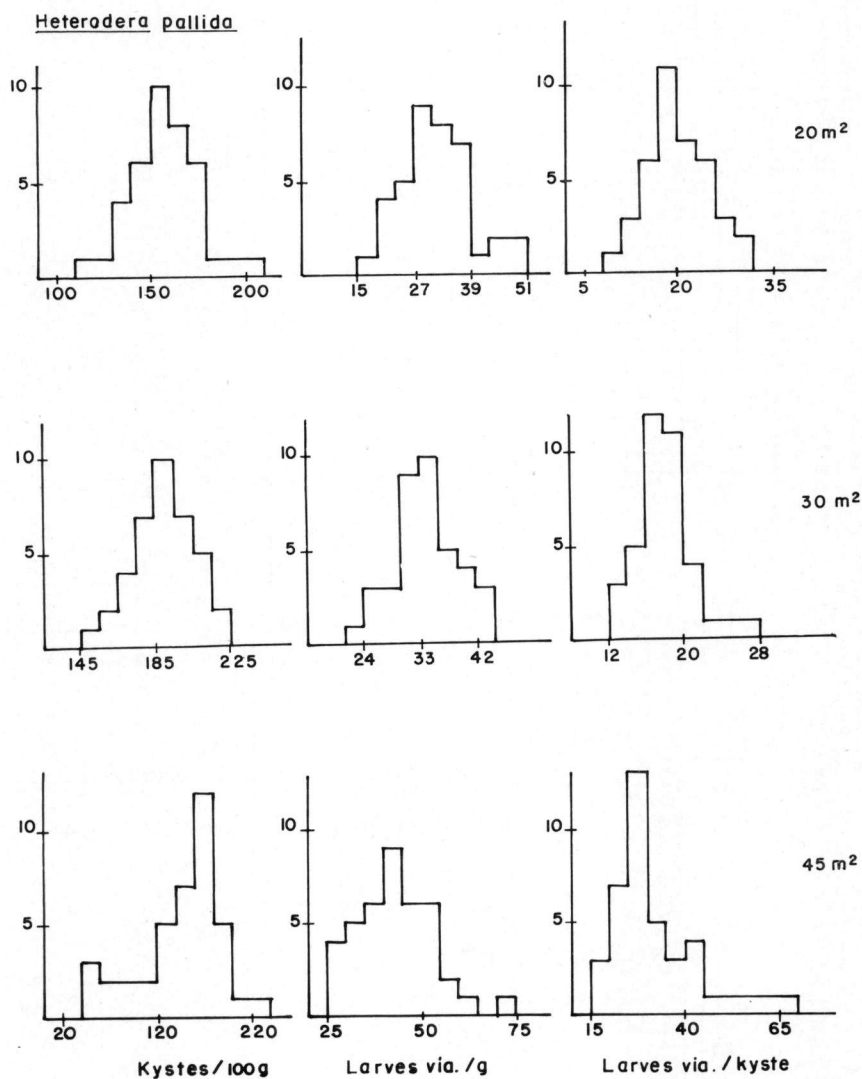


FIG. 3

FIG. 3-4-5. — Histogrammes de la distribution de fréquence de la densité en kystes et en larves et du nombre de larves par kyste pour trois espèces d'*Heterodera*

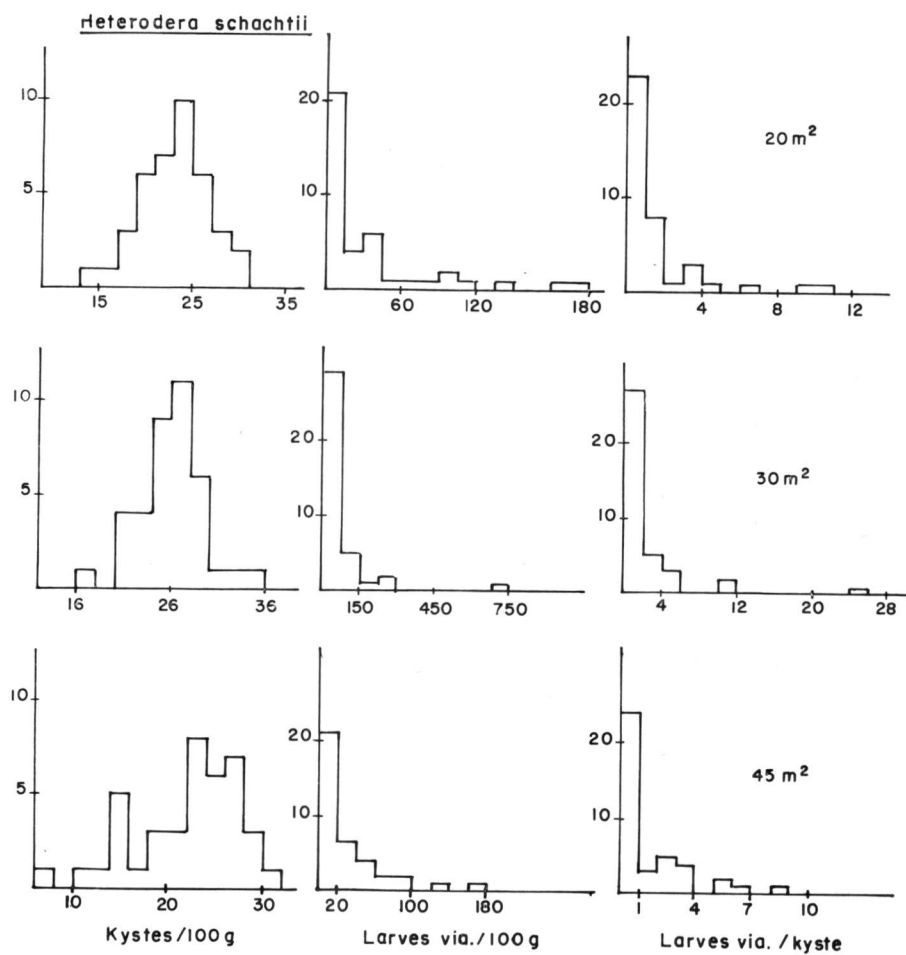


FIG. 4

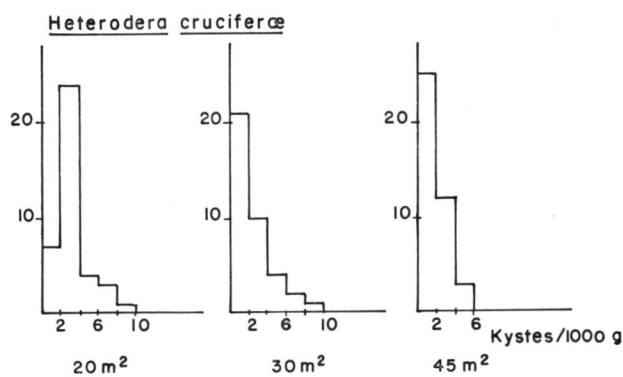


FIG. 5

Kystes/100g
H. schachtlii

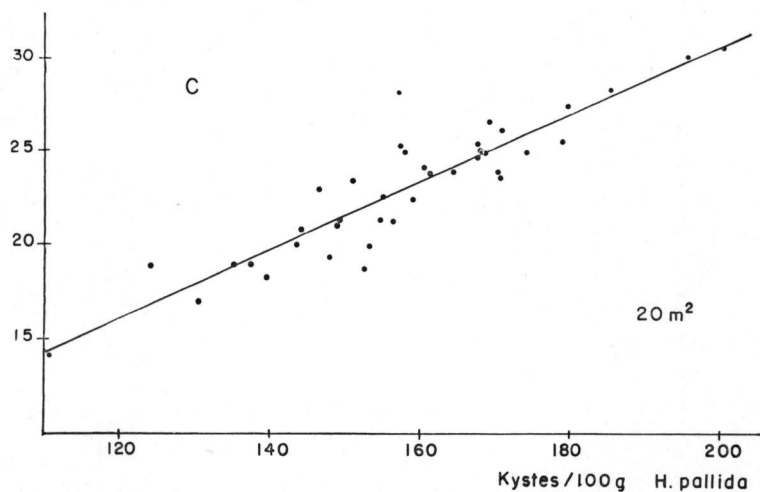
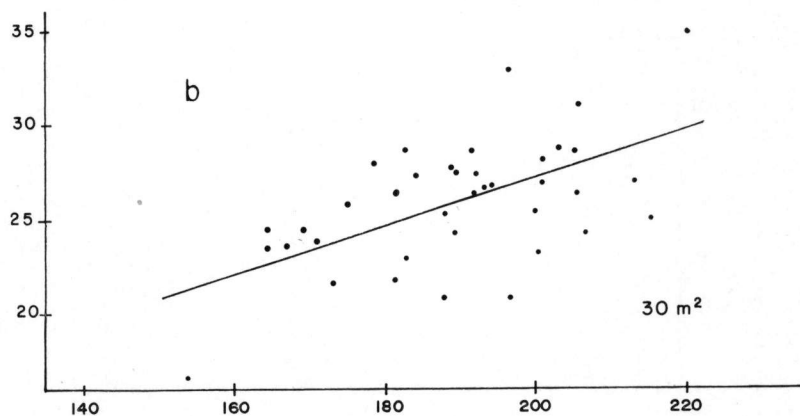
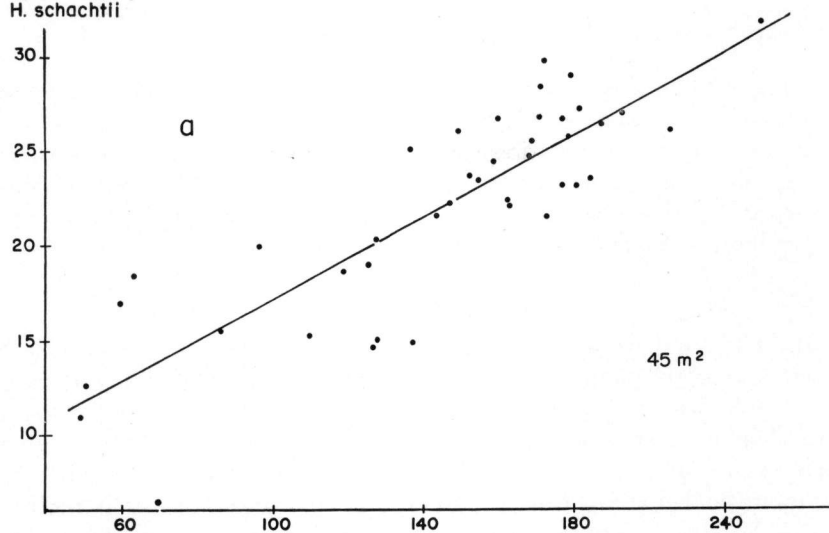


FIG. 6. — Relation existant entre les nombres de kystes de deux espèces différentes d'*Heterodera* détectés à l'analyse de quarante échantillons prélevés sur des parcelles de surfaces variées

La figure 6 montre, pour les trois surfaces étudiées, une corrélation hautement significative entre les quantités de kystes d'*H. pallida* et d'*H. schachtii* détectés à chaque analyse. Des corrélations du même ordre sont obtenues entre les critères Lv et Lt. Ces corrélations obtenues avec les données brutes existent également avec les résultats exprimés en logarithmes (transformation classique utilisée par suite de la répartition non régulière des kystes et des larves dans le sol).

3. Discussion.

Il est très important de considérer que les trois espèces d'*Heterodera* détectées à l'analyse se situent à des densités très différentes : élevée pour *H. pallida*, moyenne pour *H. schachtii*, très basse pour *H. cruciferae*. Pour des infestations très faibles, la distribution des kystes est très proche d'une loi de Poisson. Mais dès que l'infestation tend à devenir moyenne, la distribution de fréquence tend vers la normalité avec, au fur et à mesure de l'importance de l'infestation, une tendance vers une asymétrie à droite (tabl. 2). De plus, il existe une relation très étroite entre moyenne et variance (fig. 7).

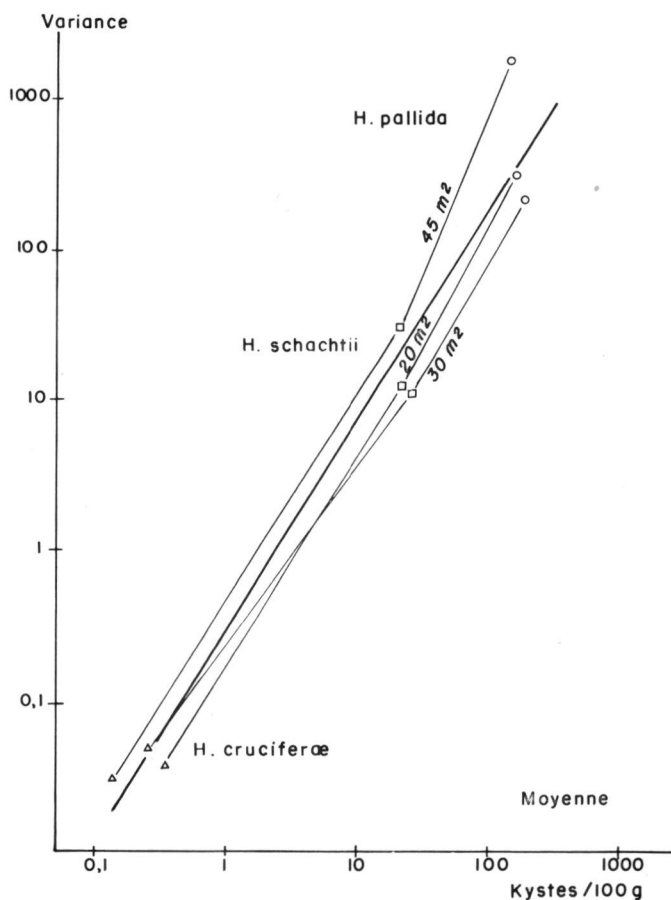


FIG. 7. — Relation entre moyenne et variance du critère kystes par 100 grammes de sol de trois espèces différentes d'*Heterodera* détectés sur des parcelles de taille variée

Pour chaque parcelle, le coefficient de corrélation entre ces deux variables est supérieur à 0,99. Pour l'ensemble des trois parcelles, il est de 0,98 pour 7 degrés de liberté. La droite de régression calculée a comme équation $s^2 = 0,28313 m^{1,415}$. Cette relation entre moyenne et variance n'est pas sans analogie avec la loi de Taylor ou loi puissance. Ces résultats, joints au fait que lors de l'échantillonnage, les kystes sont des formes inertes et sans mobilité, que le labour et les façons culturales les ont répartis sur le terrain indépendamment de leur nom d'espèce, laissent penser que l'identité de l'espèce détectée à l'analyse est sans importance et que les mêmes résultats auraient pu être obtenus sur neuf parcelles infestées par une seule espèce d'*Heterodera*, mais à des densités très basses, modérées et fortes. Cette hypothèse est implicitement admise par MERNY et DEJARDIN (1970) qui tracent une même loi de Taylor pour plusieurs espèces de nématodes libres des rizières.

Il est donc facile de connaître la relation existant entre le coefficient de variation et la moyenne. On trouve :

$$CV. = 0,5321 m^{-0,2926}$$

La régression est linéaire si l'on transforme les moyennes et coefficients de variation en logarithme (fig. 8) et l'on peut calculer l'intervalle de confiance à

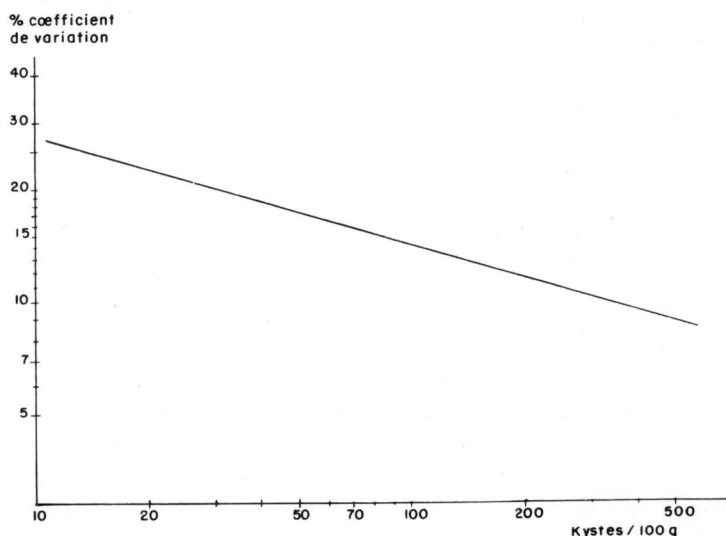


FIG. 8. — Valeur du coefficient de variation du critère kystes par 100 grammes de sol après analyse d'un échantillon par parcelle

95 p. 100 (fig. 9) du critère K/100 g. Sur une surface donnée, on peut donc, à l'analyse d'un seul échantillon de 40 prises élémentaires prélevées selon un quadrillage fixe, estimer le coefficient de variation de l'échantillon et donc calculer les limites de confiance à attribuer à cette mesure. Pour cela, il est nécessaire que l'infestation soit suffisamment élevée — 20 K/100 g de sol — car pour des densités très faibles, les distributions sont franchement asymétriques et les coefficients de variation appliqués à des distributions aussi anormales n'auraient pas de sens.

La même analyse ne peut pas être faite pour les critères L_V/g et L_V/K . Ceci est

d'autant plus regrettable que le véritable potentiel infectieux existant dans le sol est représenté non pas par les kystes mais par les larves viables. Notons cependant que la transformation logarithmique que nous étudierons plus en détails par ailleurs conserve la normalité au critère L_v/g d'*H. pallida* tout en rendant gaussienne la distribution de ce même critère pour *H. schachtii*.

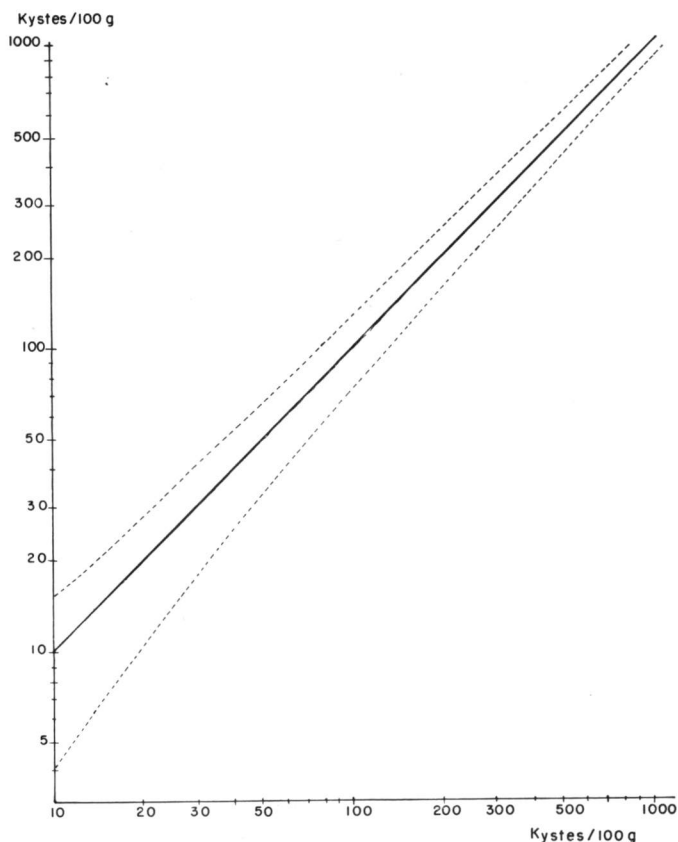


FIG. 9. — Limites de confiance à 95 p. 100 du critère kystes par 100 grammes de sol

Les courbes entourant la bissectrice représentent les limites de confiance à 95 p. 100. Le nombre de kystes pour 100 grammes de sol trouvés à l'analyse est lu en abscisse, les limites correspondantes en ordonnée.

Pour le critère L_v/K , la transformation logarithmique normalise les distributions (tabl. 4). Il faut cependant remarquer les valeurs très élevées du coefficient de variation de la distribution afférente à *H. schachtii*.

La haute stabilité observée pour le critère L_v/L_t montre l'utilisation possible des critères qualitatifs. Ce rapport indique le pourcentage de larves estimées viables à l'intérieur des kystes. L'étude de sa variation après un facteur dépressif tel qu'un traitement nématicide devrait pouvoir indiquer avec une très grande précision l'intensité de ce facteur dépressif.

Enfin, la corrélation observée entre le nombre de kystes d'*H. pallida* et d'*H.*

schachtii n'est pas biologiquement explicable. Il n'y a aucun point commun entre ces deux espèces, sinon celui d'être dans le même biotope : l'analyse séparée de 50 prises élémentaires collectées dans les parcelles 45 et 30 m² n'indique aucune dépendance entre ces deux espèces. Cependant, pour une parcelle donnée, le rapport existant entre le nombre de kystes de chacune des deux espèces présente une variation très faible. L'utilisation de ce rapport doit permettre de détecter une évolution qualitative très faible des populations.

TABLEAU 4

Caractéristiques des distributions du critère Log Lv/K ⁽¹⁾ en fonction de la taille des parcelles et du niveau d'infestation

Surfaces parcellaires	45 m ²		30 m ²		20 m ²	
Critères des distributions	<i>H. pallida</i>	<i>H. schachtii</i>	<i>H. pallida</i>	<i>H. schachtii</i>	<i>H. pallida</i>	<i>H. schachtii</i>
Moyenne ($\bar{m}$)	1,49	— 0,09	1,25	— 0,04	1,29	— 0,13
Variance (s^2)	0,021	0,301	0,005	0,379	0,011	0,326
Coefficient d'asymétrie (g_1)	+ 0,35	+ 0,04	+ 0,31	+ 0,17	— 0,28	+ 0,14
Coefficient d'aplatissement (b_2)	3,08	1,30	3,27	2,68	2,68	2,41
Coefficient de variation (%)	9,7	601	5,5	1 635	8,1	429

⁽¹⁾ Lv/K : nombre de larves viables par kyste.

III. — Conclusion

L'analyse des distributions de fréquence des critères d'évaluation des populations de nématodes à kystes conduit aux conclusions suivantes : le critère K/100 g peut être utilisé sans transformations préalables et il est facile de lui attribuer un intervalle de confiance. Une condition indispensable à respecter est d'échantillonner des populations moyennes à fortes — 20 K/100 g au moins —, mais cette restriction est sans grande importance car les expérimentations sont rarement effectuées sur des terres très peu infestées.

Les critères très importants Lv/K et surtout Lv/g présentent, soit des distributions non-gaussiennes, soit des distributions normales mais caractérisées par un coefficient de variation très important de l'ordre de 20 p. 100. Il est donc exclu de pouvoir les utiliser tels quels en dynamique de population sans transformation préalable.

D'autres critères qualitatifs : pourcentage de larves viables et proportion existant entre le nombre de kystes d'espèces différentes bien représentées quantitativement possèdent des variations très faibles. Ces critères, de par leur stabilité, doivent pouvoir être utilisables en expérimentation de terrain, soit pour mieux comprendre certains phénomènes biologiques, soit plus directement en dynamique de population.

Nous envisagerons ultérieurement les modalités d'utilisation de ces critères qualitatifs en expérimentations de terrain ainsi que les types de transformation possibles du critère L_v/g et leurs caractéristiques.

D. — CONCLUSION GÉNÉRALE

Les expérimentations de terrain portant sur les nématodes à kystes nécessitent l'utilisation de méthodes d'échantillonnage fidèles. Il apparaît que la méthode classiquement utilisée pour prélever les populations doit être entourée d'un certain nombre de précautions. Après culture de plante multipliant les nématodes et provoquant ainsi une agrégation de kystes, il semble indispensable d'opérer un labour sur toute la hauteur de couche arable afin d'obtenir une répartition verticale des nématodes plus homogène. En ne respectant pas cette condition, on peut obtenir des erreurs de 100 p. 100. L'humidité du sol au moment de l'échantillonnage constitue un facteur de variation souvent négligé. Nous avons vu que son non-respect conduisait à des erreurs de 30 p. 100.

Les normes d'échantillonnage étant fixées, il a été possible d'étudier la fidélité de la méthode. Pour le critère $K/100$ g, utilisé sans transformation préalable, il est possible de calculer les limites de confiance à 95 p. 100. Les limites sont fonction de l'importance de la population échantillonnée et ne peuvent être utilisées pour des populations trop faibles. En expérimentation de terrain, il semble judicieux d'échantillonner des populations mixtes, l'étude ne portant en fait que sur une seule espèce d'*Heterodera*, la seconde espèce, que l'on peut qualifier de témoin, ne doit pas être influencée par les essais mis en place : on peut donc tester sur cette espèce, par comparaison de populations avant et après culture, la valeur de l'échantillonnage global. Pour les autres critères, en particulier L_v/g , il n'est pas indispensable d'opérer des transformations préalables quand les populations détectées sont moyennes à fortes mais les coefficients de variation trouvés sont très élevés. La transformation logarithmique diminue considérablement l'étendue de la variation.

Les autres caractéristiques de l'échantillonnage et leur utilisation seront étudiées ultérieurement.

Reçu pour publication en décembre 1975.

SUMMARY

CRITICAL STUDY OF THE CYST NEMATODE SAMPLING IN THE SOIL AND OF THE CONFIDENCE OF THE VARIOUS CRITERIA FOR ESTIMATING THE POPULATIONS

In experimentation, cyst-nematodes populations sampling consists in take up forty cores according a definite chequering. The whole quantity of soil collected by the cores is the sample. Ploughing depth of sampling, moisture of soil may be factors of variations of the sample. These factors are analysed.

After fixing the soil sampling procedures, the confidence of this method is studied. The distribution of each criterion is analysed. The confidence limits are given for the number of cysts

per gram of soil. For the other criteria, larvae per cyst or per gram of soil, normal distributions are observed after logarithmic transformation.

Some peculiarities are indicated : stability of the percentage of viable larvae per cyst, correlations between the number of cysts of distinct species. The experimental utilisation of these results will be given later.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANSCOMBE F. J., 1950. Soil sampling for potato root eelworm cysts. A report presented to the Conference of advisory entomologists. *Ann. Appl. Biol.*, **37**, 286-295.
- CHITWOOD B. G., FELDMESSER J., 1948. Golden nematode population studies. *Proc. Helm. Soc. Wash.*, **15**, 43-55.
- CHURCH B. M., GOUGH H. C., SOUTHEY J. F., 1959. Soil sampling procedures from potato root eelworm cysts (*Heterodera rostochiensis*). *Plant. Path.* **8** (4), 146-151.
- DAGNELIE P., 1964. La détermination du nombre de répétitions en vue de l'estimation d'une moyenne. *Biométrie-Praximétrie*, **5**, 117-135.
- HARRIS M., HORVITZ D. G., MOOD A. M., 1948. On the determination of sample sizes designing experiments, in *Am. Stat. Ass. Journal*, 391-402.
- HEALY M. J. R., 1962. Some basic statistical techniques in soil zoology. In MURPHY's, *Progress in soil zoology*, 3-9 London, Butterworths.
- JONES F. G. W., 1955. Quantitative methods for the estimation of cysts-forming nematodes (*Heterodera* spp.) in soils. In *Soil zoology*, ed. by M. E. NEVAN, London, Butterworths, 394-402.
- MERNY G., DEJARDIN J., 1970. Les nématodes phytoparasites des rizières inondées de Côte d'Ivoire. II. Essai d'estimation de l'importance des populations. *Cah. O.R.S.T.O.M., ser. Biol.*, n° 11, 45-67.
- MORIATY F., 1960. Laboratory errors associated with the estimation of the population density of *Heterodera* species in soil. *Ann. Appl. Biol.*, **48**, 665-680.
- OOSTENBRINK M., 1950. Het aardappeldaltje (*H. rostochiensis* WOLL.) een gevaarlijke parasiet voor de enigzidige aardappelcultuur. *Versl. Plzieke Dienst*, Wageningen, **115**, 230 p.
- SHEPHERD A. M., 1962. New blue R, a stain that differentiates between living and dead nematodes. *Nematologica*, **8**, 201-208.
- SNEYERS R., 1974. Sur les tests de normalité. *Rev. Stat. Appl.*, **22**, 2.
- STELTER H., 1971. Der Kartoffelnematode (*Heterodera rostochiensis* WOLLENWEBER). *Wissenschaftliche Abhandlungen*, n° 59, 290 p. Akademie-Verlag Berlin.
- WIDDOWSON E., 1962. The estimation of soil populations of *Heterodera rostochiensis* WOLL. In *Progress in soil zoology* ed. by P. W. MURPHY, London, Butterworths, 59-64.

ÉTUDE DES DIFFÉRENTS CRITÈRES SIMPLES ET MIXTES D'ESTIMATION DES POPULATIONS DE NÉMATODES A KYSTES DANS LE SOL. UTILISATION D'UN INDICE D'INFESTATION

D. MUGNIERY et Hélène ZAOUCHI

*Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie ⁽¹⁾, I. N. R. A.,
Centre de Recherches de Rennes, E. N. S. A.,
65, rue de Saint-Brieuc,
35042 Rennes Cedex*

*Laboratoire de Nématologie Section phytosanitaire, I. N. R. A. A.,
B.P. 80 Maison Carrée (Algérie)*

RÉSUMÉ

Les précautions à prendre pour standardiser la méthode d'échantillonnage des populations de nématodes à kyste ayant été définies antérieurement, il a été possible d'analyser la fidélité de cette méthode et ses caractéristiques statistiques. Compte tenu de ces caractéristiques, on peut tirer des résultats bruts de l'analyse des renseignements plus complets. En utilisant le pourcentage de larves viables par kyste et le critère larve par kyste, on peut calculer aisément l'effet dépressif des plantes non hôtes et des nématicides sur les populations d'*Heterodera rostochiensis*. L'utilisation de l'évolution comparée des populations d'une espèce de nématode à kystes par rapport à une autre permet d'apprécier des évolutions très faibles des populations.

Enfin, l'analyse en composantes principales a permis de définir un critère d'infestation complexe, à distribution gaussienne et doué de la plus petite variation possible. Son utilisation en dynamique des populations est envisagée.

I. — INTRODUCTION

La méthode d'échantillonnage classique des populations de nématodes à kystes revient à prélever 40 prises élémentaires selon un quadrillage fixe et à les rassembler pour constituer l'échantillon (ANSCOMBE, 1950 ; CHURCH, GOUGH et SOUTHEY, 1959).

⁽¹⁾ Précédemment laboratoire de Nématologie Section phytosanitaire, I.N.R.A.A., B.P. 80, Maison Carrée (Algérie).

L'analyse de cet échantillon fournit plusieurs données d'estimation des populations. Dans un article antérieur (MUGNIERY et ZAOUCHI, 1976), la fidélité de cette méthode a été analysée et les caractéristiques des distributions de fréquence de divers critères indiquées. Il résulte que l'erreur calculable enregistrée pour les densités en kystes ($K/100\text{ g}$) est relativement faible pour de fortes infestations, mais la seule utilisation de ce critère est insuffisante dans les études de dynamique de population. Le véritable potentiel infectieux est représenté par le nombre de larves viables par gramme de sol (L_v/g). Ce critère ne présente de distribution normale que dans le cas de populations moyennes à fortes ; sa variance est toujours élevée. Par suite, les erreurs en expérimentation sont importantes et exigent un nombre élevé de répétitions.

D'autres critères, plus qualitatifs, ont été analysés. Le nombre de larves viables par kystes (L_v/K) semble relativement indépendant de la procédure d'échantillonnage suivie. La proportion de larves viables par rapport à la totalité des larves enfermées dans les kystes (L_v/L_t) présente une variation très faible. Il en est de même du rapport du nombre de kystes d'espèces différentes à condition que ces espèces soient quantitativement bien représentées dans l'échantillon.

Nous allons successivement analyser les modalités d'utilisation de ces divers critères qualitatifs à des fins quantitatives, puis examiner dans quelles conditions utiliser le critère plus quantitatif L_v/g fourni à l'analyse.

Dans ce qui suit, nous appellerons « échantillonnage classique » tout échantillonnage respectant les modalités suivantes : 40 prises élémentaires prélevées selon un quadrillage fixe constituent l'échantillon ; la profondeur de prise correspond à la profondeur de terre arable travaillée, soit normalement 20 cm.

L'échantillon total est analysé à l'élutriateur de Fenwick ; les kystes extraits à l'acétone sont dénombrés, triés et écrasés globalement pour en apprécier le contenu larvaire.

II. — UTILISATION DES CRITÈRES QUALITATIFS

1. — Critère larves viables par kyste (L_v/K)

Le critère L_v/K montre une distribution très asymétrique. Cependant, à l'inverse du critère L_v/g , il présente une relative stabilité lors d'échantillons prélevés à des profondeurs différentes. De plus, la transformation logarithmique normalise les données.

Or, dans la pratique, l'expérimentateur se trouve parfois dans l'impossibilité de prélever jusqu'à 20 cm de profondeur, en particulier en été dans des sols secs et argileux. Dans ce cas, le critère L_v/K peut fournir des renseignements sur l'évolution des populations. La condition biologique à respecter est qu'il n'y ait pu avoir multiplication des populations par suite, par exemple, de la culture d'une variété hôte.

Nous donnons ici un exemple tiré d'expérimentations réalisées à Fort de l'Eau (Algérie).

a) Matériel et méthode.

Huit parcelles d'expérimentation, conduites de manière identique, et infestées par *H. rostochiensis* race A, sont échantillonnées en janvier et en septembre 1969 avant et après deux cultures successives de plantes non hôtes, haricots et choux. Le premier échantillonnage est réalisé de

manière classique, mais le second, fait sur sol labouré mais sec, est effectué avec des gouges de 10 cm de longueur. Les échantillonnages étant différents, il est théoriquement impossible de pouvoir comparer les résultats quantitatifs.

b) Résultats.

Les résultats bruts de l'analyse des échantillons sont indiqués dans le tableau 1. Les moyennes des taux d'évolution font ressortir une augmentation apparente de la densité des kystes de 69 p. 100, un maintien de la population en larves viables par gramme de sol. La chute moyenne du nombre de larves par kyste est de 50 p. 100.

TABLEAU I

Taux d'évolution des populations d'H. rostochiensis race A, après deux cultures de plantes non hôtes, mesuré par différents critères en conditions d'échantillonnages différents

N° de parcelles	K/100 g	Lv/g	Lv/k
1	0,481 (49)	1,755 (27)	0,207 (54)
2	1,426 (50)	0,622 (25)	0,578 (49)
3	0,776 (48)	0,403 (29)	0,518 (60)
4	1,572 (28)	0,804 (35)	0,511 (115)
5	5,030 (13)	2,174 (7)	0,435 (52)
6	2,587 (17)	1,455 (11)	0,560 (65)
7	0,880 (22)	0,407 (14)	0,461 (66)
8	0,767 (12)	0,554 (8)	0,722 (69)
Moyenne	1,690	1,022	0,499
Écart-type	1,505	0,680	0,147
Coefficient de variation (%)	89,0	66,6	29,6

Les chiffres entre parenthèses indiquent le résultat d'analyse du critère correspondant avant culture.

c) Discussion.

Pour chaque critère envisagé, écart-type et coefficient de variation sont indiqués. La grande variabilité de la densité des kystes donne des résultats d'évolution de populations aberrantes, montrant une forte augmentation des kystes après deux cultures successives de plantes non hôtes. Le critère Lv/g s'en ressent fortement et l'importance du coefficient de variation marque nettement la variabilité de cette mesure et l'importance à lui attribuer. Cette variabilité se retrouve à un degré très inférieur pour le critère Lv/K.

Nous confirmons ainsi l'impossibilité qu'il y a à estimer une évolution des populations à l'aide des critères quantitatifs conventionnels quand les prélèvements de sol ont eu lieu à des profondeurs différentes.

Par contre, l'utilisation du critère qualitatif Lv/K permet d'estimer la chute de

population à 50 p. 100, ce qui correspond à une diminution de 30 p. 100 pour une seule culture de plante non hôte, résultat obtenu par ailleurs en Mitidja (MUGNIERY et ZAOUCHI, 1973).

2. — Proportion des larves viables L_v/L_t

La présence, dans les kystes, de larves ou d'œufs morts a été montrée par BIJLOO et BOOGAERS (1956) et SHEPHERD (1962) signale l'utilisation du New Blue R pour distinguer larves viables de larves mortes. La proportion de larves viables à l'intérieur des kystes est représentée par le rapport L_v/L_t dont la variabilité est très faible.

En utilisant ce critère, MUGNIERY *et al.* (1973) montrent que l'effet des jachères estivales en Algérie sur des populations d'*H. rostochiensis* et d'*H. pallida* agit en tuant les larves situées à l'intérieur même des kystes.

Il est possible également d'estimer de manière précise l'efficacité des nématicides de contact.

a) Matériel et méthodes.

Quatre parcelles identiques de 10 m² infestées par *H. rostochiensis* race A, sont traitées de la même manière le 26-5-70 avec du DD à la dose de 200 litres/ha à Fort de l'Eau (Algérie). Le traitement réalisé sur sol sableux et chaud (25°C à 5 cm de profondeur) est suivi d'un bassinage d'eau très important. L'analyse du sol après traitement est faite le 7-7-70.

b) Résultats.

Les résultats d'analyse sont inscrits dans le tableau 2.

L'efficacité du traitement est calculée de manière classique par comparaison du nombre de larves viables avant et après traitement. L'autre méthode consiste à ne considérer que le pourcentage L_v/L_t , c'est-à-dire à supposer que toutes les larves étaient viables avant traitement et que celles qui sont mortes n'ont été tuées que par le produit nématicide. On peut raisonnablement adopter cette hypothèse et l'on constate qu'il n'y a aucune différence entre les résultats des deux méthodes de calcul.

Aucune analyse statistique n'est nécessaire pour voir la très grande similitude des résultats issus des deux méthodes de calculs.

c) Discussion.

Dans ce cas précis, il est possible, par la seule utilisation du critère L_v/L_t , d'apprécier l'effet quantitatif d'un nématicide de contact en se contentant d'une seule analyse parcellaire au lieu des deux effectuées classiquement. Il s'en suit une économie de temps et de travail non négligeable.

3. — Rapport du nombre de kystes de deux espèces différentes

Il est apparu que dans le cas de populations mixtes, le rapport du nombre des kystes de deux espèces différentes présente une très grande stabilité. La variation enregistrée pour ce rapport est très minime, mais son utilisation ne peut être envisagée que si les deux populations sont bien représentées dans l'échantillon.

En respectant cette condition, il doit être possible de déceler des évolutions en kystes plus faibles qu'avec la méthode de comparaison classique en étudiant l'évolution de ce rapport après une culture de végétaux favorisant l'une des deux espèces.

Nous avons voulu vérifier cette hypothèse sur un terrain contaminé à Saint-Malo par *H. schachtii* et *H. pallida* race E, par l'utilisation de ce rapport HS/HP.

a) *Matériel et méthode.*

Deux carrés latins comportant jachère, betterave, pomme de terre sensible, variété *Arka*, et pomme de terre résistante au pathotype A d'*H. rostochiensis*, variété *Saturna* sont mis en place en mai 1972. Les surfaces unitaires sont de 20 m²; les analyses de sol sont effectuées en février et septembre 1972.

b) *Résultats.*

La multiplication des kystes d'*H. schachtii* s'avère être parfois relativement faible en présence de betterave, ce qui s'explique par le fait que la population en kystes pour 100 g est moyenne à forte, mais avec un rapport Lv/K et Lv/g extrêmement faible — 0,01 à 2 Lv/g. On note que le rapport HS/HP reste constant pour les parcelles jachères alors qu'il diffère notablement pour les autres cultures (tabl. 3).

TABLEAU 2

Mesure de l'efficacité d'un traitement nématicide
selon deux modes de calcul différents

Résultats observés				Effet du traitement	
Avant traitement	Après traitement			Calcul classique (%)	Calcul Lv/Lt (%)
Lv/K	Lv/K	Lt/K	Lv/Lt (%)		
45,7	1,36	56,0	2,43	97,8	97,6
54,0	2,28	46,8	4,87	95,8	95,1
44,1	0,79	49,6	1,59	98,2	98,4
34,2	1,52	41,7	3,65	95,6	96,4

Le calcul classique revient à comparer le critère Lv/K avant et après traitement; le calcul par utilisation du critère Lv/Lt consiste à écrire :
Efficacité = $1 - \text{Lv/Lt}$.

La diminution naturelle du nombre de kystes d'*H. schachtii* et d'*H. pallida* en l'absence de plante-hôte est de 14 et 17 p. 100. Nous avons calculé les taux d'évolution en kystes de manière classique, c'est-à-dire par comparaison des populations avant et après culture. Puis nous calculons le taux d'évolution en ne comparant que les rapports HS/HP avant et après culture. Ce calcul est fictif car il suppose que l'espèce non favorisée par le végétal a vu son nombre de kystes inchangé. Étant donné la diminution naturelle des kystes d'*H. schachtii* et d'*H. pallida* en l'absence de plante-hôte, ce taux fictif est pondéré par les rapports de 17 et 14 p. 100 pour tenir compte de ce phénomène. Le taux obtenu est dit réel. Ces différents taux sont inscrits dans le tableau 3. Il n'y a aucune différence significative au seuil de 1 p. 100 du test de *t* entre les taux d'évolution classique et réel.

TABLEAU 3

Taux d'évolution des kystes d'H. schachtii et d'H. pallida après divers types de culture

Culture									
Jachère	Betterave			Pomme de terre <i>Saturna</i>			Pomme de terre <i>Arka</i>		
Taux d'évolution du rapport HS/HP	Taux d'évolution d' <i>H. schachtii</i>			Taux d'évolution d' <i>H. pallida</i>			Taux d'évolution d' <i>H. pallida</i>		
	classique	fictif	réel	classique	fictif	réel	classique	fictif	réel
0,829	1,12	1,51	1,25	0,91	1,00	0,86	1,69	1,29	1,11
0,860	0,82	1,00	0,83	1,04	1,28	1,10	1,46	1,85	1,59
0,940	0,84	1,22	1,01	0,91	1,00	0,86	2,82	3,27	2,81
1,175	1,15	1,27	1,05	0,82	1,13	0,97	1,38	1,59	1,37
1,079	1,20	1,22	1,01	1,16	1,36	1,17	1,33	1,73	1,49
1,247	1,00	1,46	1,21	1,18	1,56	1,34	2,44	1,94	1,67
0,964	0,71	0,69	0,57	0,89	0,95	0,82	0,99	1,47	1,26
0,921	0,67	0,78	0,65	0,88	1,40	1,20	1,31	1,34	1,15
$\bar{m}$ 1,00	0,94	1,14*	0,95	0,97	1,21**	1,04	1,68	1,81**	1,56

* Différence significative au test *t*.** Différence hautement significative au test *t*.

Le calcul classique consiste à comparer les critères K/100 g avant et après culture. Le calcul fictif consiste à comparer les rapports HS/HP avant et après culture. Le calcul réel consiste à pondérer les résultats du calcul fictif par le pourcentage de diminution naturelle de l'espèce non favorisée par la culture.

c) *Discussion.*

L'identité de résultat existant entre les taux de multiplication observés de manière classique et réelle en utilisant le rapport HS/HP montre la fiabilité de ce rapport. Le calcul du taux fictif d'évolution des populations procure une amplification des évolutions naturelles. Ainsi une augmentation ou une diminution très faible de la densité des kystes est décelable par la seule comparaison des rapports HS/HP avant et après culture. Dans l'exemple cité, il est possible d'observer un maintien global de la population des kystes d'*H. pallida* après variété *Saturna* montrant une augmentation de la population contrebalançant sa régression naturelle annuelle. Ce phénomène ne peut être montré statistiquement par le seul calcul classique.

4. — *Conclusion*

Quand elle est possible, l'utilisation des critères à caractère « qualitatif » de l'échantillonnage procure une grande facilité de mesure des évolutions de populations. Le critère L_v/K permet l'obtention de résultats que la méthode classique d'analyses rejetterait. L'utilisation du critère L_v/L_t donne la faculté d'une meilleure compréhension des phénomènes biologiques tout en permettant une grande réduction de travail de laboratoire : la mesure de l'efficacité des nématicides de contact est grandement facilitée quand on utilise un tel critère. Enfin, par la seule utilisation du rapport HS/HP, il est possible de déceler des mouvements de population très faibles que l'analyse classique de l'échantillon ne permet pas d'appréhender. L'influence comparée sur les populations de divers types de plantes-hôtes, tardives, hâtives ou plantes résistantes, peut être calculée par ce biais.

III. — UTILISATION DES CRITÈRES QUANTITATIFS

L'utilisation des critères qualitatifs permet d'apprécier une diminution de populations chaque fois que biologiquement on peut être assuré qu'il n'y a pas eu de multiplication des parasites : cas des jachères, plantes non hôtes, traitements nématicides. Par contre, après plante sensible ou hôte médiocre, c'est-à-dire après multiplication des populations, les critères classiques qualitatifs sont, soit inutilisables, soit insuffisants. En effet les critères L_v/K et L_v/L_t ne renseignent en rien sur les taux de multiplication observés. Seule la proportion HS/HP fournit ces taux de multiplication, mais sans qu'il soit possible de savoir à quel seuil de population ils se rapportent. Elle permet d'obtenir des résultats comparatifs, distinguant hôtes médiocres, bons-hôtes, excellents-hôtes en quantifiant ces différences, mais ces renseignements sont insuffisants à eux seuls lors d'étude de dynamique des populations.

Il est donc nécessaire de revenir au seul critère quantitatif fourni par l'analyse de l'échantillon, le nombre de larves viables par gramme de sol (L_v/g) qui représente le véritable pouvoir infectieux de la population.

1. — *Étude du potentiel infectieux*

Nous avons étudié la distribution du critère L_v/g après répétition d'échantillonnage sur des parcelles de taille réduite : 45, 30 et 20 m² (MUGNIERY et H. ZAOUCHI, 1976). Le graphique de fréquence obtenu ne correspond à une distribution de Gauss

que quand l'infestation est modérée à forte, quelle que soit la taille de la parcelle. Le calcul du coefficient de variation sur les données non transformées permettrait donc de définir un intervalle de confiance, mais les variances obtenues sont toujours très importantes.

Classiquement, pour pallier ces difficultés, la transformation logarithmique est utilisée et les études de dynamique de population publiées jusqu'ici sur *H. rostochien-sis* et *H. pallida* sont basées sur une telle transformation.

Pour *H. pallida* et *H. schachtii*, les données issues des répétitions sur les diverses parcelles ont donc été transformées en données logarithmiques (Log. Lv/g).

Dans les six cas, l'hypothèse de normalité ne peut être repoussée. Il est donc possible de calculer un coefficient de variation, donc de déterminer un intervalle de confiance. Avant d'étudier plus en détails cette transformation, nous avons voulu voir s'il était possible de trouver une autre transformation qui, tout en donnant une distribution normale, aurait la plus petite variation possible.

2. — Détermination d'un indice d'infestation

Pour *H. pallida*, l'ensemble des données fournies par les parcelles 45, 30 et 20 m² a été soumis à une analyse en composantes principales. Les données utilisées sont : K/100 g, Lv/g, Lt/g. Ces données ont été au préalable transformées en données logarithmiques. Les valeurs propres et la matrice des vecteurs représentés dans le tableau 4 ont été établies en tenant compte de l'individualité des parcelles. On peut noter toutefois la grande similitude existant entre les parcelles 45, 30 et 20 m² et plus particulièrement entre les deux dernières.

TABLEAU 4

Valeurs propres des critères testés et matrice des vecteurs propres

Parcelle		Valeurs propres		
45 m ²		2,3956	0,5989	0,0053
30 m ²		2,1548	0,8393	0,0058
20 m ²		2,1242	0,8738	0,0018
		Matrice		
		K/100 g	Lv/g	Lt/g
45 m ²	Facteurs	0,473	0,627	0,618
		0,879	— 0,298	— 0,370
		— 0,047	— 0,718	0,693
		0,349	0,660	0,664
		0,936	— 0,259	— 0,234
		— 0,017	— 0,704	0,709
		0,317	0,670	0,670
		0,948	— 0,225	— 0,223
		— 0,001	— 0,706	0,707

On peut estimer que 80 p. 100 de la variation totale est comprise dans la première ligne de la matrice, ce qui autorise l'abandon des deux autres lignes avec un faible risque.

Les pourcentages d'importance à attribuer aux trois facteurs testés $K/100$ g L_v/g et L_t/g sont approximativement de 1/3, 2/3 et 2/3.

Compte tenu de la forte corrélation obtenue entre les critères L_v/g et L_t/g et du fait que leurs valeurs sont très proches ($L_v/L_t = 90$ p. 100), on peut, avec un risque très faible, simplifier en égalisant les valeurs L_v et L_t . Les pourcentages simplifiés d'importance attribués aux critères $K/100$ g et L_v/g sont donc respectivement de 1/3 et 4/3, soit une différence de 1 à 4.

On peut donc définir avec un risque minimum un indice d'infestation complexe I , tel que $I = \log K/100 \text{ g} + 4 \log L_v/g$, dont la caractéristique principale est qu'il est doué du plus petit coefficient de variation possible.

a) Étude du critère I d'infestation.

La distribution des données d'origine et des données transformées en logarithme a été comparée à celle des données transformées en critère I . La comparaison est faite en respectant les unités parcellaires. Les résultats de l'analyse de ces distributions, reportés dans le tableau 5, montrent que la distribution du critère I est normale pour les trois parcelles étudiées. Le calcul du coefficient de variation et par suite l'évaluation de l'erreur-type est possible. Ce calcul met en évidence des coefficients de variation très faibles, n'excédant pas 6 p. 100, permettant d'indiquer l'erreur-type à attribuer à la mesure. L'analyse à composantes principales montre qu'aucun autre indice et *a fortiori* les données d'origine ou transformées en logarithmes ne possède une aussi grande précision. Ces coefficients sont les plus petits possible, ce que l'on peut effectivement vérifier en comparant les coefficients de variation issus de distribution logarithmique (tabl. 5). La précision des mesures que l'on peut attendre du critère I est par conséquent optimale.

Il faut cependant remarquer que le gain de précision obtenu par rapport à la transformation classique logarithmique est faible : de 1,7 p. 100 dans le meilleur des cas à 0,18 p. 100 dans le plus défavorable. Si la précision apportée par le critère I est la meilleure possible, celle issue de la transformation logarithmique s'en approche de très près. Il faut donc insister plus sur l'intérêt d'une différenciation fine de structure de population procurée par le critère ainsi calculé. En effet, biologiquement, le critère I est composite puisque formé de deux critères n'ayant pas la même signification. Il indique par une seule mesure le seuil d'infestation du sol par le critère L_v/g et la répartition de cette infestation par le critère $K/100$ g. Deux infestations de même grandeur absolue en L_v/g réparties différemment sur le terrain n'ont pas, en dynamique de population, la même importance. L'indice I est susceptible de marquer la différence absolue identique entre deux infestations de 2 L_v/g qui, réparties dans 1 ou 200 kystes, seront mesurées par les indices différents de 1,2 et 3,5, alors que la transformation logarithmique n'aurait pas pu faire de différence.

b) Applications.

Ayant défini un critère d'infestation d'une forte précision, il faut connaître son interprétation biologique, c'est-à-dire savoir si son utilisation en expérimentation

est intéressante. Ceci revient, d'une part, à étudier son influence vis-à-vis des rendements observés, d'autre part, à suivre son évolution en fonction de divers types de culture.

Donnés à titre d'exemples, ces résultats seront présentés sous forme graphique.

TABLEAU 5

Caractéristiques des distributions du potentiel infectieux Lv/g

		45 m ²	30 m ²	20 m ²
Lv/g	Moyenne	43,19	33,97	31,76
	Variance	92,73	28,72	56,97
	Coefficient d'asymétrie	0,30	— 0,01	0,42
	Coefficient d'aplatissement ...	3,15	2,50	3,10
	Coefficient de variation (%) ..	22,30	15,78	23,77
Log Lv/g	Moyenne	1,624	1,526	1,490
	Variance	0,010	0,005	0,011
	Coefficient d'asymétrie	— 0,27	— 0,40	— 0,30
	Coefficient d'aplatissement ...	2,59	2,86	3,25
	Coefficient de variation (%) ..	6,10	4,62	7,07
I = Log k/100 g + 4 Log Lv/g	Moyenne	8,636	8,379	8,156
	Variance	0,253	0,087	0,192
	Coefficient d'asymétrie	— 0,37	— 0,43	— 0,29
	Coefficient d'aplatissement ...	2,25	2,93	3,17
	Coefficient de variation (%) ..	5,82	3,52	5,37

La comparaison des valeurs des coefficients d'asymétrie et d'aplatissement avec les tables de Pearson ne permet pas de rejeter l'hypothèse de normalité pour les différentes distributions.

a) Influence sur les rendements.

Des essais mis en place à Saint-Malo en 1974, incluant les variétés de pomme de terre *Roseval* et *Sirtema*, nous avons pu obtenir des taux de corrélation très forts entre rendements et critère d'infestation I. La figure 1 montre l'influence d'*H. pallida* vis-à-vis de ces deux variétés. Pour la variété *Sirtema*, deux droites de régression sont représentées : l'une calculée à partir de l'ensemble des données, l'autre n'utilisant que les parcelles à infestation supérieure à 10 Lv/g. On observe une très forte concordance entre ces résultats et ceux d'OOSTENBRINK (1966) et de SEINHORST et DEN OUDEN (1971) à partir du critère Log Lv/g.

Vis-à-vis des rendements, le critère I a un comportement semblable au critère Log Lv/g.

b) Dynamique du critère I.

Des expérimentations menées en Mitidja de 1969 à 1971, nous avons extrait les résultats montrant l'influence de *Solanum tuberosum* sur les populations d'*H. rostochensis* race A et d'*H. pallida* race E. Ces évolutions sont représentées en figure 2. L'influence des plantes non hôtes et jachère a été étudiée à Saint-Malo

en 1972 vis-à-vis d'*H. pallida* race E et les résultats sont donnés dans la figure 3.

Ces graphiques sont analogues dans leur forme générale à ceux obtenus par de nombreux auteurs utilisant le critère Lv/g après transformation logarithmique. Le critère I suit donc des lois d'évolution très proches. Son utilisation ne doit donc pas poser de problèmes biologiques.

Tous ces résultats seront détaillés ultérieurement.

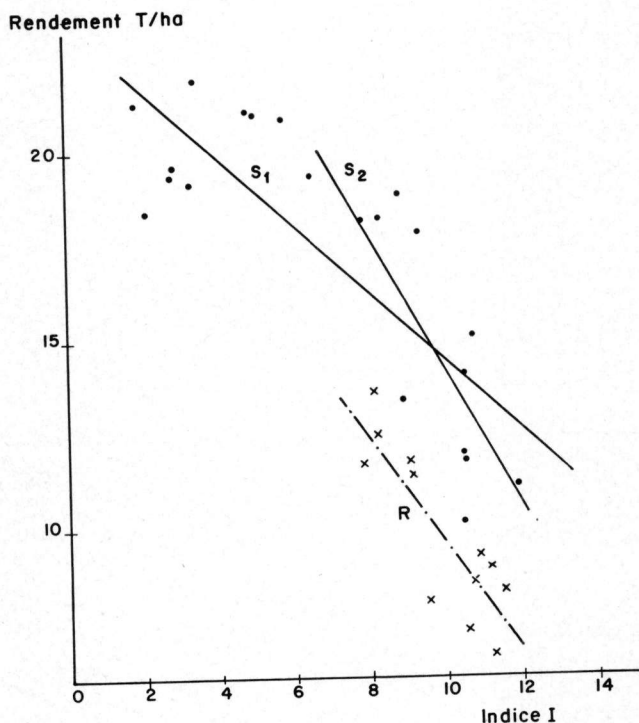


FIG. 1. — Influence du niveau de population d'*H. pallida* mesurée par l'indice I sur le rendement de deux variétés de pommes de terre

R et S correspondent aux variétés Roseval et Sirtema. La régression S_2 n'est calculée qu'à partir de parcelles infestées à plus de 10 Lv/g . La régression S_1 est calculée à partir de toutes les parcelles.

c) Conclusion.

Quand il y a eu augmentation de population, par suite de la multiplication des nématodes sur un végétal hôte, l'utilisation seule des critères qualitatifs devient insuffisante. Le seul critère quantitatif représentant l'infestation du sol étant le critère Lv/g , il faut se résoudre à l'utiliser. Pour une précision meilleure, il paraît indispensable d'effectuer au moins une transformation logarithmique. On peut augmenter un peu la précision obtenue en utilisant le critère I calculé ici ; cet indice indique, par une seule mesure globale, l'importance quantitative de l'infestation et la répartition de cette infestation sur le terrain. Utilisé en dynamique de population, il s'intègre bien dans les résultats obtenus classiquement avec le critère $\text{Log } Lv/g$.

Indice I après culture

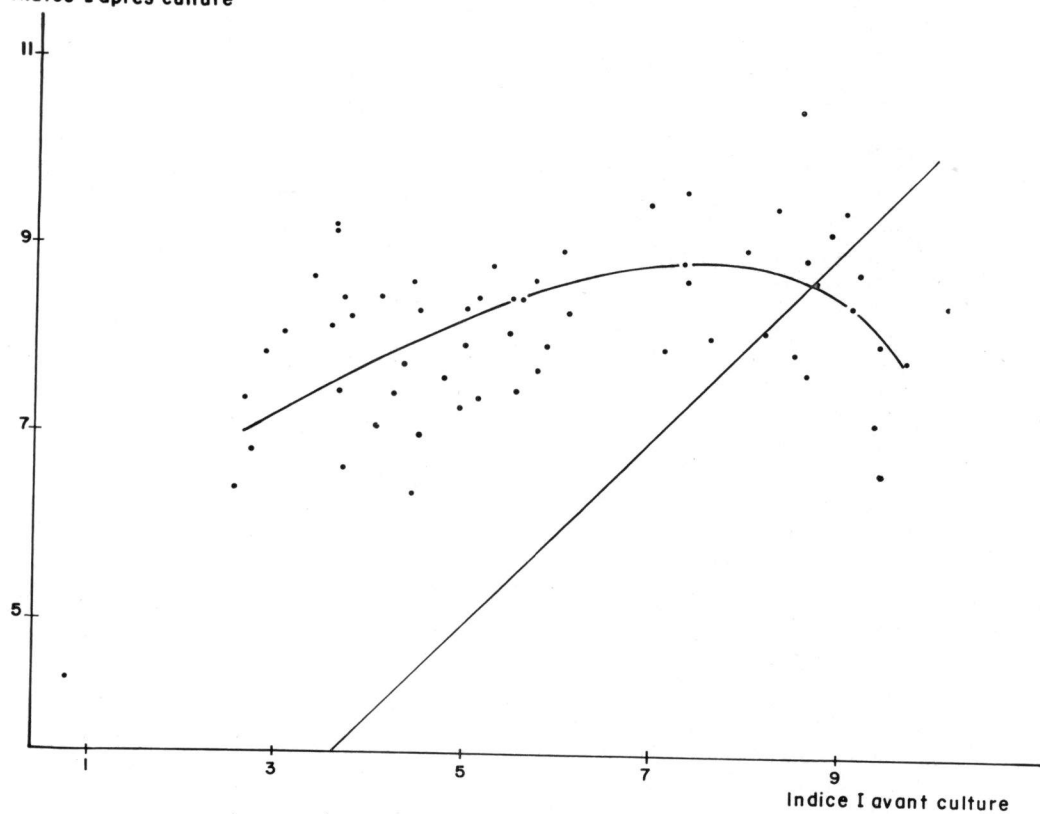


FIG. 2. — Évolution des populations d'*H. rostochiensis* et *H. pallida*, mesurées par l'indice I, après culture de variété hôte de pomme de terre

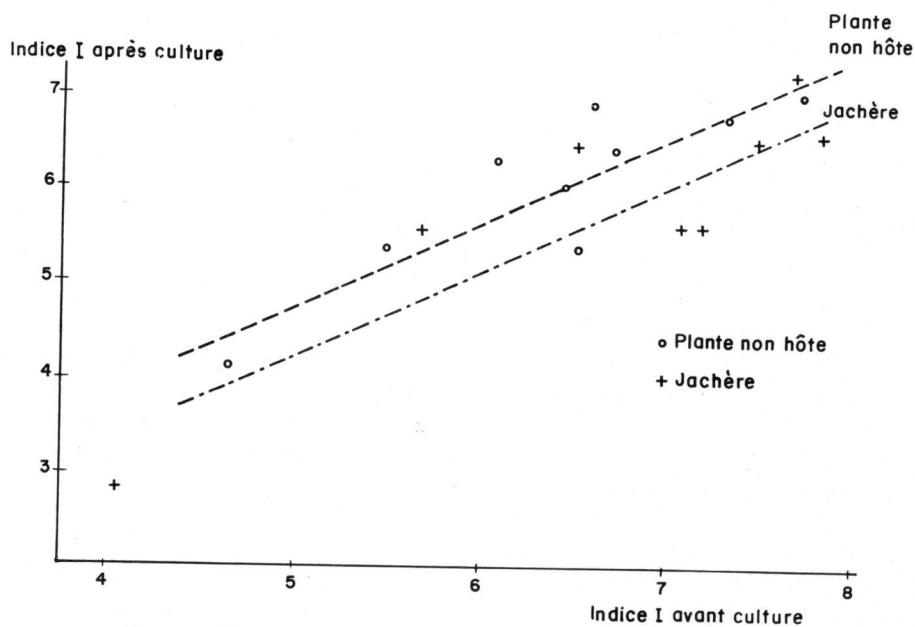


FIG. 3. — Évolution des populations d'*H. pallida* mesurées par l'indice I après jachère et plante non hôte

IV. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les résultats de l'étude analytique des distributions et des caractéristiques des données obtenues après analyse de sol amènent les conclusions suivantes :

— l'utilisation du critère qualitatif L_v/K a rendu possible l'interprétation statistique des résultats dans le cas où l'échantillon a été prélevé à des profondeurs différentes. Elle paraît pouvoir être étendue à d'autres situations dans lesquelles on ne peut pas obtenir d'échantillons quantitativement représentatifs ;

— certains rapports sont doués d'une haute précision. Le pourcentage de larves viables dans les kystes peut être utilisé pour connaître l'effet d'un nématicide et ceci en s'affranchissant pour moitié du travail d'analyse. L'analyse du rapport HS/HP, rapport du nombre des kystes des deux espèces étudiées ci-dessus *H. schachtii* et *H. pallida* montre qu'il est possible de déceler avec un nombre réduit de répétitions une augmentation ou une diminution très faible de l'une des deux populations.

Enfin, la détermination d'un critère unique d'infestation procure une précision optimale dans les expérimentations de terrain, permettant ainsi de réduire le nombre de répétitions à réaliser. Son influence vis-à-vis des rendements et sa dynamique sont analogues à celle bien connue du potentiel infectieux de Jones Log L_v/g . Calculé à partir de données particulières issues de la région de Saint-Malo — sol argilo-sableux —, infestation due à *H. pallida*, il a pu être testé avec succès dans des conditions très différentes en Algérie particulièrement vis-à-vis d'*H. rostochiensis* et *H. pallida* présents dans des sols très argileux et superficiels.

Reçu pour publication en décembre 1975.

SUMMARY

STUDY OF THE DIFFERENT STANDARD AND MIXED CRITERIA FOR ESTIMATING
THE CYST NEMATODES POPULATIONS IN THE SOIL.
USE OF A CONTAMINATION CRITERION

Knowing the statistical characteristics of the standard sampling method for the cyst-nematode populations, it is possible to obtain more acknowledgments, in using certain criteria. The evolution of the percentage of viable larvae per cyst and of the criterion viable larvae per cyst allows to calculate the efficiency of nematicide treatments and the effect of non host plants on *Heterodera rostochiensis* population. The comparative evolution of one species of *Heterodera* in comparison with one another allows to appreciate very small increase or decrease of cysts.

By the mean of principal component analysis, it has been possible to calculate a contamination criterion. The distribution of this criterion is normal and its percentage standard deviation is the smallest than possible. The utilization of this criterion in dynamic of population is discussed.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANScombe F. J., 1950. Soil sampling for potato root eelworm cysts. A report presented to the Conference of advisory entomologists. *Ann. Appl. Biol.*, **37**, 286-295.
- BIJLOO J. D., PETRONELLA A. M., BOOGAERS, 1956. Population decrease of *Heterodera rostochiensis* after DD treatment of the soil. *Nematologica*, **1** (1), 20-30.

- CHURCH B. M., GOUGH H. C., SOUTHEY J. F., 1959. Soil sampling procedures from potato root eelworm cysts (*Heterodera rostochiensis*). *Plant. Path.*, **8** (4), 146-151.
- MUGNIERY D., ZAOUCHI H., 1976. Étude critique de la méthode d'échantillonnage des nématodes à kystes dans le sol et de la validité des différents critères d'estimation des populations. *Ann. Zool. Écol. anim.* **8**, 177-195.
- MUGNIERY D., ZAOUCHI H., 1973. Mise au point de lutte intégrée contre le nématode à kyste de la pomme de terre en Algérie. *Conf. O.E.P.P. sur H. rostochiensis* AARHUS, 9-11 juillet 1973.
- SEINHORST J. W., DEN OUDEN H., 1971. The relation between density of *Heterodera rostochiensis* and growth and yield of two potato varieties. *Nematologica*, **17**, 347-369.
- SHEPHERD A. M., 1962. New Blue R, a stain that differentiates between living and dead nematodes. *Nematologica*, **8**, 201-208.
- OOSTENBRINK M., 1966. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Med. Landbouwhogeschool Wag.*, 66-4, 40 p.
-

ANNALES DE ZOOLOGIE-ECOLOGIE ANIMALE

VOL. 8 N°. 2 1976

Nom de l'emprunteur

Emprunté le

remis le

COMPORTEMENT DU RAT MUSQUÉ (*ONDATRA ZIBETHICUS*) VIS-A-VIS D'APPATS OFFERTS SUR RADEAUX

J.-P. VINCENT

*Laboratoire des Petits Vertébrés,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78350 Jouy en Josas*

RÉSUMÉ

La consommation d'appâts frais (carottes) déposés sur des radeaux (dix-sept) a été suivie pendant huit jours sur un étang (4 ha 57 a) de Sologne. La pesée journalière des résidus a permis de tracer des courbes de consommation au niveau de chaque radeau.

Les animaux ne développent pas de comportement de néophobie vis-à-vis des radeaux. La courbe de consommation globale est légèrement ascendante et atteint rapidement un palier avec des variations journalières de faible amplitude. A l'échelon du radeau, la variabilité est bien plus forte ce qui laisse supposer que les rats font un choix après une phase exploratoire préalable. Cette sélection semble en rapport avec les secteurs géographiques d'occupation des berges.

Les appâts offerts représentent une part peu importante de la ration journalière des animaux (environ le tiers).

Les observations directes n'ont pas montré de phénomènes de compétition ni de comportement agonistique entre les animaux, et ont permis d'assister à des comportements de prise de nourriture, de construction et de déplacement sur l'étang.

I. — INTRODUCTION

Un des traits caractéristiques du comportement du Rat musqué est de grimper sur des objets flottants sur l'eau. Selon leur taille et leur situation, ces objets sont utilisés à des fins de marquage du territoire (crottoirs, MALLACH, 1970) ou comme plate-forme servant à la construction de huttes et de salles-à-manger. C'est ce comportement qui est mis à profit pour l'élaboration des techniques de lutte par appâts empoisonnés (TALBERT, 1962 ; STORER, 1965).

Cependant, selon les époques et la position des postes d'appâtage, la réponse des animaux est variable. Ainsi au moment de la construction des huttes, les rats dédaignent les appâts pour entasser des matériaux sur les plates-formes au point de les faire couler. A d'autres périodes, comme au printemps par exemple, le niveau de consommation est très faible, voire nul. On note en outre, entre les radeaux, des variations très importantes de la fréquentation.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'expérience s'est déroulée sur un étang de 4 ha 57 a situé sur la commune de Montrieux-en-Sologne (Loir-et-Cher) en décembre 1974. Il présente grossièrement la forme d'un triangle dont un des côtés est constitué par une chaussée fortement endommagée par les travaux de fouissement des rats. Sur les deux autres côtés s'étend une bande de végétation comprenant des joncs (pour l'essentiel), des massettes, et quelques bouquets de saules. Le milieu avoisinant renferme du maïs, côté Est, et des pâtures ailleurs (fig. 1).

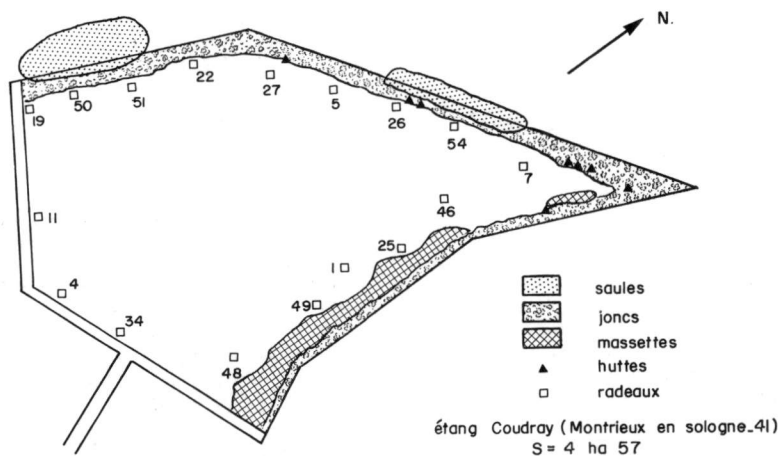


FIG. 1. — Étang Coudray (Montrieux en Sologne)

On a dénombré 13 huttes sur le pourtour de l'étang, dans la bande de végétation, dont sept pouvaient être considérées comme habitables. Elles étaient situées principalement sur la bordure Est et dans la pointe Nord de l'Étang, là où la profondeur de l'eau variait entre 30 et 70 cm.

Dix-sept radeaux ont été répartis en eau libre comme l'indique le schéma.

La carotte fraîche débitée au coupe-racines fut utilisée comme appât. Entre le 3 et le 10 décembre huit relevés quotidiens furent effectués avec mesure de la consommation par pesée et réapprovisionnement des radeaux. La mise en place de ces derniers sur l'étang avait eu lieu quelques temps avant et 2 dépôts d'appâts (ayant donné lieu aux contrôles des 22 et 26 novembre) effectués pour minimiser une éventuelle néophobie de la part des rats.

En fin d'expérience, nous avons procédé à un piégeage intensif suivi d'une nouvelle pose d'appâts pour contrôler l'effet du piégeage.

Grâce à l'utilisation d'un amplificateur de brillance, nous avons pu suivre aisément les animaux au cours de leurs déplacements nocturnes sur l'étang. Cela a permis en outre des observations de leur comportement de prise de nourriture.

TABLEAU I

Évolution de la consommation sur les radeaux
(en grammes de carottes fraîches par jour)

N° radeau	Date								Moyenne	Coeff. de variation
	3-12	4	5	6	7	8	9	10		
48	50	300	250	200	550	300	50	200	237,50	23,70
49	800	1 000	1 000	950	1 250	1 150	1 500	950	1 075,00	7,19
1	400	700	750	800	800	700	1 000	350	687,50	11,05
25	750	500	650	800	1 000	850	50	0	575,00	22,70
46	200	300	200	0	100	50	0	50	112,50	34,37
7	250	300	300	350	50	250	0	550	256,25	23,73
54	300	300	650	600	1 000	1 200	1 450	1 050	818,70	18,20
26	600	1 000	750	700	1 000	200	1 450	1 100	850,00	15,60
5	700	600	700	1 000	1 000	1 100	1 200	850	893,70	8,48
27	400	650	200	300	200	400	200	300	331,20	16,36
22	200	650	550	500	250	50	100	0	287,50	30,43
51	300	300	500	550	500	750	850	700	556,20	12,76
50	50	150	150	150	150	100	100	0	106,20	18,72
19	400	200	150	150	50	0	0	450	175,20	34,57
11	450	500	300	400	500	600	550	700	500,00	8,60
4	250	500	250	200	350	50	200	300	262,50	17,53
34	50	0	0	0	0	150	0	0	25,00	75,56
Moyenne	361,7	467,6	432,3	450,0	514,7	464,7	511,7	444,1	455,85	3,75
Coeff. de variation	15,9	14,4	15,7	17,2	19,5	21,9	27,9	21,2	16,9	

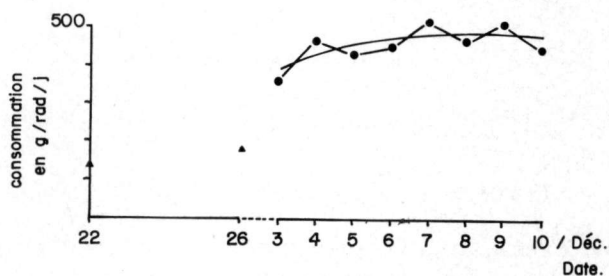


FIG. 2. — Évolution de la consommation sur l'ensemble des radeaux

III. — RÉSULTATS

Le tableau 1, illustré par la figure 2 présente les résultats bruts des relevés.

1. — *Évolution de la consommation sur l'ensemble des radeaux*

La consommation journalière moyenne montre une évolution légèrement croissante au fil des relevés, avec des variations relativement peu importantes. Très rapidement la courbe moyenne tend vers l'horizontale définissant un palier. Il est vraisemblable que les deux poses d'appâts du 21 et 25 novembre sont responsables de ce niveau élevé au début de l'expérience.

Les radeaux et les appâts sont donc très rapidement acceptés et l'exploitation maximale rapidement atteinte. Cela ne représente cependant que le résultat d'un phénomène moyen.

Si l'on se reporte à la figure 3 de l'évolution du coefficient de variabilité en fonction du temps, on note qu'il est en constante augmentation reflétant une hétérogénéité d'utilisation des radeaux par les animaux qui va en s'accroissant avec le temps. Cela suggère que les radeaux sont tous visités au début, puis une sorte de choix ou de sélection est faite par les animaux aboutissant à une utilisation différentielle des plates-formes. Il y aurait donc d'abord un comportement exploratoire suivi d'un comportement de choix. L'examen de la figure 4 qui présente l'évolution de la consommation sur chaque radeau est très démonstrative à cet égard.

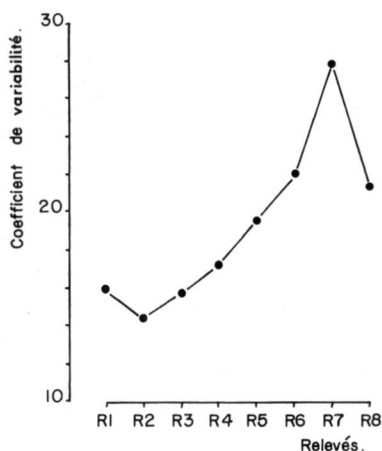


FIG. 3. — *Évolution du coefficient de variabilité en fonction du temps*

2. — *Évolution de la consommation selon les radeaux*

Ce qui frappe à l'examen de la figure 4, c'est la grande variabilité d'allure des courbes de consommation. On peut cependant les regrouper en 4 catégories.

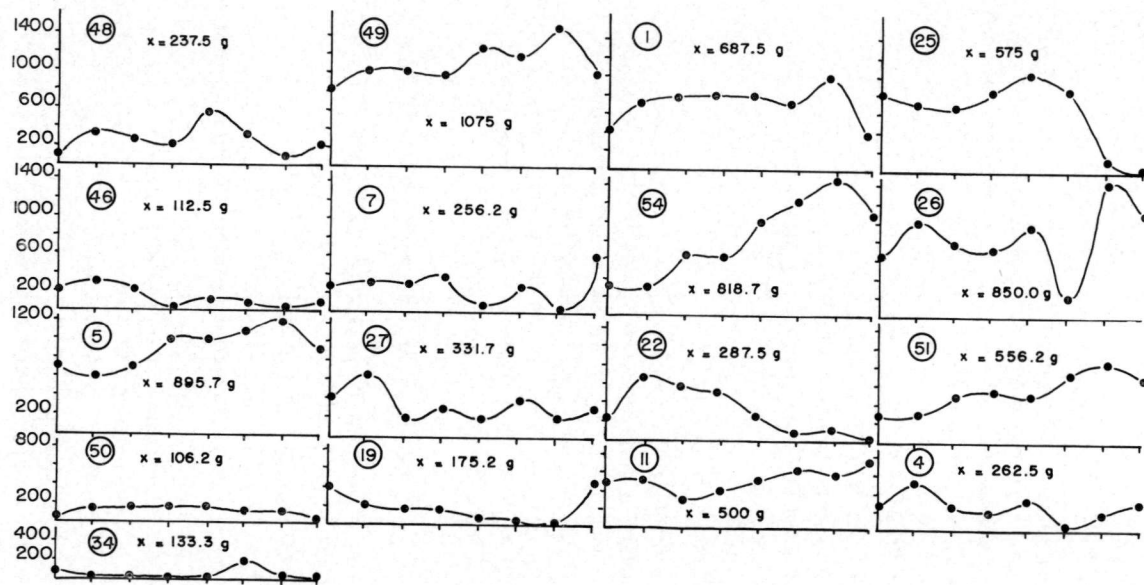


FIG. 4. — Évolution de la consommation sur chaque radeau

a) *Radeaux n^{os} 11, 49, 5, 54, 51.*

Sur ces postes, la courbe moyenne a une allure croissante jointe à une variabilité peu accentuée pour une consommation moyenne à forte ($\bar{X} = \times 768,7$ g/j). Ces radeaux seraient donc visités par un nombre croissant d'animaux peut-être pour des raisons d'ordre social.

b) *Radeaux n^{os} 25, 4, 22, 27.*

A l'inverse, ces radeaux présentent une consommation à allure décroissante avec une variabilité également peu élevée et une consommation moyenne plus faible ($\bar{X} = 364,1$ g/j). En dépit d'une bonne acceptation initiale, ces postes seraient progressivement abandonnés par les rats.

c) *Radeaux n^{os} 19, 46, 34, 50.*

Dans ce cas, la variabilité journalière est faible également et le niveau moyen de consommation atteint dès le début (Courbe moyenne horizontale) ($\bar{X} = 131,8$ g/j). Ces postes occupent peut-être une position marginale dans le domaine des animaux et pourtant sont peu visités.

d) *Radeaux n^{os} 48, 26, 7, 1.*

Cette catégorie forme un groupe hétérogène et le trait commun qui semble exister entre eux est la variabilité importante de la courbe de consommation.

Il est difficile d'expliquer les raisons de ce comportement des rats. La position topographique des radeaux, par rapport aux huttes par exemple, ne semble pas être un facteur déterminant. Les observations nocturnes montrent nettement que les animaux vont visiter des radeaux parfois très éloignés de leur hutte bien que d'autres soient à proximité immédiate.

3. — *Évolution de la consommation par secteur*

Compte tenu de la topographie de l'étang et des traces des animaux, on peut définir 4 secteurs regroupant les radeaux suivants :

- secteur n^o 1 : radeaux 48, 49, 1, 25 ;
consommation moyenne = 664,4 g/j ;
ce secteur correspond à la zone des massettes ;
- secteur n^o 2 : radeaux 54, 26, 5, 27 ;
consommation moyenne 723,4 g/j ;
zones à joncs et saules avec nombreuses traces
(huttes + ébauches) ;
- secteur n^o 3 : radeaux 22, 51, 50, 19 ;
consommation moyenne 281 g/j ;
la présence abondante de saule caractérise le mieux ce secteur ;
- secteur n^o 4 : radeaux 11, 4, 34 ;
consommation moyenne : 262,5 g/j ;
digue, pas de végétation à proximité immédiate.

La figure 5 présente les différences importantes qui existent entre les consommations dans les différents secteurs.

Dans le secteur 1 on note une montée régulière de la courbe moyenne suivie de fluctuations importantes avec semble-t-il, une amorce de chute. Dans le secteur 2, par contre, l'allure croissante de la courbe de consommation se maintient jusqu'à la fin de l'essai. Les fluctuations journalières sont également accentuées. C'est dans ce secteur que la consommation moyenne est la plus élevée.

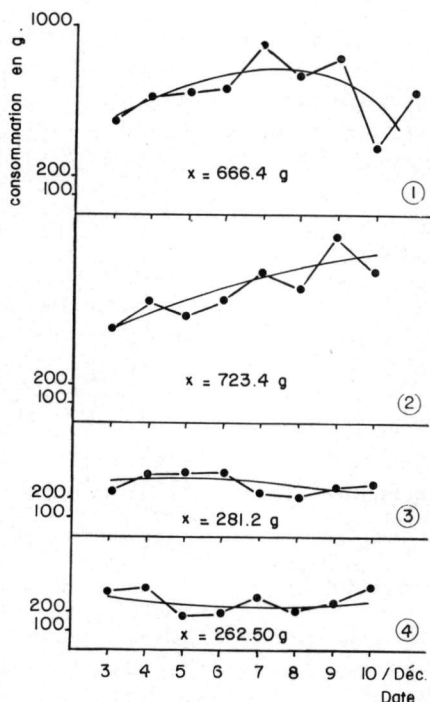


FIG. 5. — Évolution de la consommation par secteur

Les secteurs 3 et 4 ont des fluctuations journalières peu élevées (notamment le 3) et une courbe moyenne sensiblement horizontale.

Nous soulignerons plusieurs points qui nous paraissent importants :

a) Pour les secteurs à faible consommation, les fluctuations journalières sont faibles et le niveau moyen atteint dès le début. Est-ce dû à une fréquentation occasionnelle d'individus en exploration ou le fait d'animaux particulièrement attirés par les radeaux mais peu nombreux dans le secteur intéressé ?

b) Dans les secteurs à consommation forte ou moyenne, l'allure des courbes fait penser qu'il y aurait passage progressif d'un secteur à l'autre (1 vers 2) ce qui expliquerait l'absence de palier dans le secteur 2.

c) A regarder plus en détail les consommations sur les radeaux dans chaque secteur, on remarque que les zones délimitées comportent un centre d'activité (radeau à forte consommation) et des bordures où la consommation est moindre. Il est actuellement difficile d'expliquer pourquoi les rats choisissent tel ou tel radeau plutôt que tel autre.

4. — *Observations diverses*

Plusieurs stations d'affût entre la tombée du jour et 0 h nous ont permis de suivre dans le détail certains comportements des rats musqués. Il s'agit principalement de la prise de nourriture, de construction et des déplacements sur l'étang.

a) *Comportement de prise de nourriture.*

L'animal prend les appâts dans sa gueule, puis se plaçant au bord du radeau, penché sur l'eau, il les trempe avant de les manger en les tenant dans ses pattes antérieures. Cette observation a été effectuée à plusieurs reprises avec des animaux différents. Les stations sur les radeaux variaient de quelques secondes à 8 ou 10 minutes. Les rats effectuent également de brefs passages sur les plates-formes, sans prise de nourriture.

b) *Comportement de construction.*

On a pu noter également un comportement d'entassement de matériaux sur un radeau. Le Rat qui se livrait à ce manège est resté pendant environ 10 minutes sur un radeau en compagnie de deux autres animaux qui eux mangeaient. Cet individu travaillait rapidement presque fébrilement effectuant un va-et-vient entre le fond de l'étang et le radeau où il entassait des débris végétaux. La durée du plongeon était très brève. Ses compagnons semblaient parfaitement indifférents et continuaient à se nourrir. A aucun moment ils n'ont semblé lui prêter leur concours ou tenter de le chasser.

c) *Déplacements et visite des radeaux.*

Les observations faites sur les déplacements se ramènent à deux types : les uns se font à la limite du front de végétation et sont peu importants, l'animal pénétrant très rapidement dans le couvert. Les autres se font en pleine eau, « au large », selon des orbes plus ou moins accentuées. Des traversées presque complètes de l'étang peuvent ainsi avoir lieu. On a souvent noté à ce propos que les rats peuvent gagner en droite ligne certains radeaux très éloignés de leur terrier (ou hutte) en passant à proximité d'autres plates-formes sans s'y arrêter.

Si l'on se base sur les différents bruits dus à l'activité des rats (et que l'on perçoit très aisément dans le silence de la nuit) il semble que la majeure partie de leur activité se situe dans la végétation qui borde l'étang.

Nous n'avons jamais observé de comportement agonistique entre les animaux présents en même temps sur un radeau. Nous avons pu, au contraire, constater à plusieurs reprises des prises de nourriture simultanées.

Au total, il semble bien que la fréquentation des radeaux et la consommation des appâts offerts n'entrent que pour une part relativement modeste dans l'activité nocturne des rats. Nous avons pu estimer à 55 animaux la population présente sur cet étang ce qui situe, en moyenne, la consommation journalière d'un individu à 90 g. Par ailleurs, nos connaissances sur ce sujet indiquent une ration journalière moyenne d'environ 250 à 300 g d'aliments frais. Les appâts offerts sur radeaux ne représentent donc environ que le 1/3 de ce que les animaux consomment.

IV. — CONCLUSION

Les rats musqués ne développent pas de comportement de néophobie à l'égard des radeaux disposés dans leur domaine. Ils sont très vite acceptés et utilisés comme n'importe quel objet naturel flottant. Cette réaction peut surprendre quand on connaît la grande méfiance que montrent ces animaux à l'égard des pièges destinés à les capturer. Le manque de camouflage soigneux du piège déclenche un comportement d'évitement.

Considérée globalement, la consommation présente des variations journalières assez faibles et tend assez rapidement à se stabiliser. On peut supposer qu'alors tous les animaux pouvant avoir accès aux radeaux consomment.

Néanmoins, à l'échelon du radeau, on constate qu'il existe de grandes différences dans le niveau de consommation. Cela laisse penser qu'un comportement de choix fait suite au comportement exploratoire conduisant à une fréquentation importante de certains radeaux alors que d'autres sont pratiquement délaissés.

Cette sélection semble être en rapport avec les secteurs géographiques d'occupation des berges, mais sans rapport direct avec la proximité immédiate d'une hutte. Autrement dit, dans une zone délimitée fortement occupée par les rats, le radeau le plus fréquenté n'est pas forcément celui qui se trouve le plus près de la hutte principale.

Les appâts offerts représentent une part peu importante de la ration journalière des animaux, environ le tiers. Mais ce résultat n'a de valeur que si l'on considère que tous les animaux ont accès aux radeaux. Il se pourrait, en effet, que pour des raisons de hiérarchie sociale, seule une fraction de la population consomme. Cependant, des observations directes n'ayant jamais montré de phénomènes de compétition ou de comportement agonistique entre les individus, on peut raisonnablement penser que la plus grande partie de la population utilise les radeaux. Il serait très intéressant d'approfondir cet aspect des choses en utilisant des appâts marqués par exemple.

Ce type de comportement des animaux concernant très directement la lutte, nous pouvons essayer de dégager quelques conseils pratiques quant à la disposition des postes d'empoisonnement :

- les postes sont à répartir en priorité entre les secteurs d'occupation des berges par les rats. Ce découpage est fait, bien entendu, sur l'observation des traces (terriers, huttes, salles à manger, etc.) ;

- il est inutile de procéder à des concentrations à proximité immédiate de gros ouvrages. Le mieux étant une répartition régulière dans chaque secteur, quitte à opérer des réajustements ultérieurs compte tenu de la consommation observée.

Reçu pour publication en février 1976.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos vifs remerciements à MM. PASNON et BESNARD qui ont effectué les relevés sur le terrain ainsi qu'à la société de lutte contre le Rat musqué du département du Loir-et-Cher, en la personne de M. SUBRA qui nous a aimablement aidé à trouver les lieux de notre expérience.

SUMMARY

MUSKRAT BEHAVIOUR (*ONDATRA ZIBETHICUS*) TOWARDS BAITS PROPOSED ON RAFTS

Fresh bait (carrots) is put on 17 rafts in a 4 ha 57 a (about 11 acres) pond in Sologne. Muskrat consumption is followed for 8 days. Daily residue weight curves show the consumption rate for each raft.

The animals do not develop neophobia to the rafts. The overall consumption curve rises slightly and quickly reaches a plateau with low daily variations. Variability of consumption on the rafts is much higher, indicating that after an exploratory phase, the muskrats are selective. This selection seems to be related to geographic occupation sections of the banks.

The baits offered represent a small part (about 1/3) of the daily ration of the animals.

Direct observation reveals no competitive or agonistic behavior among muskrats. Using this technique we can watch behavior patterns of food consumption, construction and movement in the pond.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- MALLACH N., 1970. Beobachtungen zum territorialverhalten der Bisamratte, *Ondatra zibethica* (LINNÉ, 1766). *Säugetierk. Mitt.*, **18** (2), 151-154.
- MARSH R. E., 1965. Methods of controlling rodents and birds in rice fields. *Congr. Prot. Cult. Trop.*, Marseille, 23-27 mars 1965, 633-637.
- STORER T. L., 1958. Controlling field rodents in California. *Calif. Agric. Exper. Sta. Circ.*, **434**, 50 p.
- STORER T. I., JAMESON E. W., 1965. Control of field rodents on California farms. *Calif. Agric. Exper. Sta. Circ.*, 535-550.
- TALBERT R. E., 1962. Controlling Muskrats. *Proc. Vertebr. Pest Control. Conf.*, Sacramento, Feb. 1962, 164-171.

DISSÉMINATION DE CHAMPIGNONS PHYTOPATHOGÈNES
PAR LES GASTÉROPODES.
ÉTUDE DU PASSAGE
DE *COLLETOTRICHUM LAGENARIUM*
PAR LE TUBE DIGESTIF DE *EUPARYPHA PISANA*

S. HASAN

Station de Recherches de Cytopathologie,
Centre de Recherches d'Avignon, I. N. R. A.,
30380 Saint-Christol-les-Alès

RÉSUMÉ

Au cours de recherches sur la transmission de champignons pathogènes par passage dans le tube digestif des insectes et d'autres invertébrés des expériences ont été effectuées afin d'examiner le rôle joué par l'escargot *Euparypha pisana* dans la transmission de l'Anthracnose de melon causée par *Colletotrichum lagenarium*. Des animaux ont été alimentés avec les feuilles de plantes malades, et des conidies ayant conservé leur vitalité ont été retrouvées dans les déjections pendant 3-4 jours.

L'abondance des conidies ingérées a été évaluée par contrôle microscopique, et leur vitalité par mise en germination directe, croissance sur milieux artificiels et infection des plantes.

Les observations histologiques ont montré le passage des spores du champignon dans les différentes parties du tube digestif.

INTRODUCTION

L'apparition ou l'extension des maladies au sein d'un peuplement végétal est le plus souvent en rapport direct avec la dispersion des germes phytopathogènes. Parmi les facteurs biotiques intervenant dans la dispersion des champignons pathogènes aux plantes, le rôle des insectes a été souvent évoqué, avant tout en ce qui concerne la transmission externe, par contact avec les invertébrés visitant les plantes

malades (HEALD, 1913; LEACH, 1940; LEACH, TRUE, DORSEY, 1952; GRISWOLD, 1953, 1956; AUSTWICK, 1957) et beaucoup moins après ingestion de plantes malades par ces invertébrés (GRAVATT et MARSHALL, 1917; BART et GRISWOLD, 1953; CURT, 1956; STAMBOUGH et FREGUS, 1956; BUCHANAN, 1957; BRUNT et WHARTON, 1960).

Par contre, la participation d'autres invertébrés, en particulier des mollusques, dans la dissémination de champignons phytopathogènes a été peu abordée. Compte tenu du fait que depuis quelques années on étudie la dissémination de différents germes pathogènes par des invertébrés les plus variés autres que les insectes (VAGO, 1964; VAGO, FOSSET, BERGOIN, 1966; BERGOIN, 1966; HASAN et VAGO, 1966; HASAN, 1968; CLOT et VAGO, 1970), nous avons recherché la potentialité et le mécanisme de dissémination d'un champignon phytopathogène, *Colletotrichum lagenarium* (PASS) ELL. et HALST par un mollusque gastéropode *Euparypha pisana* MULLER. Ces études avaient pour point de départ l'observation des infections massives par ce champignon sur des parcelles de melon.

Notre étude est essentiellement expérimentale et les recherches ont été réalisées en laboratoire. Elles sont destinées à servir de base à des études écologiques dans des biotopes naturels.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. — Gastéropode disséminateur

L'escargot *Euparypha pisana* MULLER (Gasteropoda, Hellicidae) est caractéristique des régions circuméditerranéennes où il fait souvent des dégâts dans les cultures.

Les recherches relatées dans cette note étant en rapport avec le transit intestinal, nous décrivons ici l'anatomie du tube digestif d'*E. pisana*. Celui-ci a la forme d'un V par suite de la torsion de 180°, caractéristique des Gastéropodes, qui a ramené la cavité palléale, et par conséquent l'anus, vers l'avant. La bouche, entourée de quatre lèvres donne accès dans un bulbe buccal musculieux à l'intérieur duquel se trouve l'appareil masticateur. Ce bulbe se continue par l'œsophage qu'entoure le collier nerveux, et se renfle en un estomac (fig. 1), fusiforme et très long. A la surface de celui-ci se trouve une paire de glandes salivaires blanchâtres, déchiquetées, multilobées, débouchant dans le bulbe buccal.

A la suite de l'estomac vient l'intestin qui forme une double circonvolution autour de l'hépatopancréas. L'intestin présente un cæcum à son premier point d'inflexion et se termine par un rectum aboutissant à l'anus situé auprès du pneumostome.

Pour l'étude expérimentale, les animaux ont été maintenus, en cellules climatisées à 18°C et 80 p. 100 HR, sur feuilles de laitue.

B. — L'agent pathogène

Le champignon *Collectotrichum lagenarium* (PASS) ELL. et HALST cause l'antracnose des Cucurbitacées (VIENNOT-BOURGIN, 1949). Cette maladie est connue en Europe, en Amérique et dans diverses autres régions du globe. En France la plante la plus attaquée est le Melon. Les plantes peuvent s'infecter à tous les stades de végétation. Les feuilles montrent des taches vert pâle, dont le centre devient brun-rouge et se dessèche (fig. 2). Le pétiole et les tiges sont envahis de taches vert grisâtre alors que sur les fruits des lésions pénètrent dans la chair. Les acervules du champignon de teinte foncée apparaissent à la surface des feuilles, des rameaux et des fruits. Chaque conceptacle est pourvu de soies présentant 2 ou 3 cloisons transversales. Ces acervules possèdent de nombreux conidiophores hyalins qui donnent naissance à des conidies terminales, oblongues, pointues à une extrémité (fig. 3). Les conidies germent en aérobiose, à des températures supérieures à 4°C, avec un pourcentage maximum variant entre 22° et 27°C. Généralement, les tubes germinatifs donnent naissance à des chlamydospores à partir desquelles se développera le mycélium.

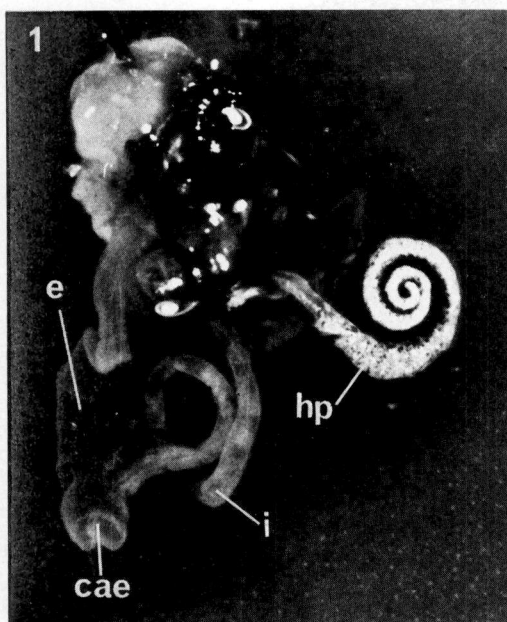


FIG. 1. — *Tube digestif d'Euparypha pisana*

cae : cæcum ;
e : estomac ;
hp : hépatopancréas ;
i : intestin.



FIG. 2. — *Maladie de l'Anthracnose du Melon due à Collectotrichum lagenarium*

Pour l'isolement et la culture de *C. lagenarium* nous avons utilisé le milieu d'avoine. Les souches ont été repiquées tous les 15 jours. Les colonies ont un contour circulaire et sont constituées par un mycélium clair devenant foncé en fonction de sa croissance. Les acervules apparaissent sous forme de points noirs sur lesquels se développent les masses roses de conidies.

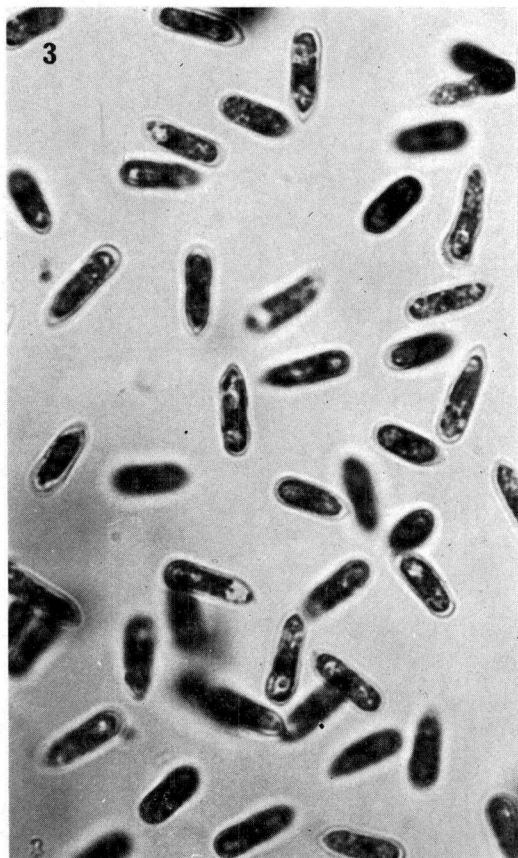


FIG. 3. — Conidies provenant d'une culture de *Colletotrichum lagenarium* obtenue à partir des déjections d'*Euparypha pisana* nourri avec de la feuille de melon atteint d'*Anthraxnose* (900 $\times$)

C. — Techniques histologiques

Pour l'étude histologique du transit intestinal le tube digestif a été fixé soit seul après excision, soit accompagné d'autres organes. Le fixateur employé était celui de Bouin et les pièces ont été incluses dans la cytoparaffine 54-56°C.

Les coupes ont été colorées à l'hémalum-fuchsine acide-vert sulfo selon la méthode AMARGIER-VAGO (1966).

D. — Techniques d'isolement et de test mycologiques

Pour isoler le champignon à partir du tube digestif ou des excréments une solution diluée d'antibiotiques (Chloramphénicol 5 μ g, Penicilline μ g et Streptomycine 1 μ g pour 100 ml est ajoutée aux excréments ou au bol alimentaire: la suspension ainsi obtenue est ensemencée sur le milieu d'avoine (farine d'avoine 40 g ; gélose 15 g). Comme mesure additionnelle contre la croissance des bactéries, on ajoute du Chloramphénicol à la concentration de 0,5 g par litre de milieu avant la stérilisation et 5 ml d'acide sulfurique N/10 pour 1 000 ml du milieu avant emploi.

Pour tester la virulence des spores éliminées avec les déjections du gastéropode le matériel fécal est déposé sur les feuilles de jeunes pieds de melon d'environ deux semaines maintenus en chambres humides (HASAN, 1972). Cette opération est répétée deux fois par jour pendant la semaine qui suit le repas infectieux. Une série de plantes a été contaminée dans des conditions similaires, avec des excréments d'animaux témoins.

E. — *Techniques d'ingestion de matière infectieuse*

Les escargots ont été maintenus à 18°C en boîtes individuelles en matière plastique pourvues d'un grillage métallique. Leurs excréments ont été régulièrement examinés avant leur emploi dans les expériences pour déceler la présence éventuelle de champignons pathogènes. Après un jeûne de 24 heures les animaux sont nourris pendant 12 heures avec des feuilles de melon atteintes par l'Anthraxose. A la fin de cette période, ils sont transférés dans de nouvelles boîtes désinfectées où ils sont alimentés avec des feuilles saines de melon pendant toute la durée de l'expérience. Les escargots témoins ont été maintenus sur des feuilles saines avant et durant les essais.

ÉTUDE DU TRANSIT DES SPORES DU CHAMPIGNON DANS LE TUBE DIGESTIF

Les observations débutent dès la fin du repas infectieux et les prélèvements se font deux fois par jour à intervalles de 8 à 16 heures alternées. Chaque fois trois escargots sont disséqués dans des conditions aseptiques et les prélèvements de bol alimentaire sont faits pour les quatre parties du tube digestif : la première correspond à la cavité buccale et l'œsophage, la seconde à l'estomac, la troisième à l'intestin moyen, la quatrième à l'intestin large et au rectum. Le contenu de chaque section est dilué dans de l'eau stérile.

Recherche microscopique des spores

A chacun des prélèvements un examen direct au microscope permet d'évaluer la fréquence des spores. Le premier jour, leur proportion est élevée dans toute la longueur du tube digestif. Le second jour, on observe le déplacement progressif des spores vers l'intestin postérieur et finalement on ne les trouve plus dans le contenu intestinal (tabl. 1). Les spores ne montrent ni de signe apparent de déformation, ni de déchirure de la paroi.

Conservation de la vitalité des spores

Des suspensions de spores provenant du tube digestif sont montées en goutte pendante pour étudier leur pouvoir de germination ; l'opération est faite deux fois par jour. Chaque préparation est examinée au bout de 24 heures, après conservation à la température de $23^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Une forte germination de spores est observée dans toutes les cultures réalisées à partir de prélèvements effectués au cours des premières 24 heures suivant la fin de repas infectieux (tabl. 1). La plupart des spores donnent des chlamydospores à l'extrémité de tubes de germination courts, tandis que d'autres émettent des tubes longs et cylindriques.

Il y a une légère différence de longueur entre les tubes émis par les spores des déjections et ceux des spores témoins prélevées directement sur la plante-hôte : les premiers sont légèrement plus courts.

Isolements mycologiques

Une fraction de chacune des parties du bol alimentaire a été ensemencée sur le milieu d'avoine sans tenir compte de la présence ou de l'absence de spores. Les cultures réalisées 8 heures après la fin du repas infectieux sont positives ; la croissance de *C. lagenarium* a lieu à partir de l'ensemble du contenu intestinal (tabl. I) 24 heures après les colonies se développent mieux lorsque l'inoculation est faite à partir du contenu de l'intestin moyen et postérieur, tandis qu'au-delà de 48 heures le développement du champignon ne se produit plus dans aucune des cultures. Au bout d'une semaine les colonies donnent des spores en petits amas rosâtres ; ces spores, dispersées sur un plant de melon, déclenchent les symptômes caractéristiques de la maladie.

Quelques champignons communs : *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Stemphyllium* sp., apparaissent dans les cultures en même temps que *C. lagenarium*. Aucun de ces champignons ne s'est montré infectieux ni pour *E. pisana* ni pour le melon. Quelques colonies de bactéries et de levures se développent aussi, mais il n'en a pas été tenu compte.

Étude histologique de passage de spores

Parallèlement aux expériences précédemment décrites, nous avons disséqué trois escargots deux fois par jour et fixé leur tube digestif en vue d'étudier les modalités de transit du champignon.

TABLEAU I

*Observation sur les conidies du C. lagenarium
dans les quatre parties du tube digestif d'E. pisana*

Heures après le repas infectant	Fréquence des spores				Germination des spores				Croissance sur milieu			
	1 (1)	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
0	+	+	++	++	+	++	++	++	++	++	++	++
8	—	—	+	++	—	++	++	++	+	++	++	+
24	—	—	+	+	—	—	++	++	±	—	—	—
32	—	—	±	+	—	—	—	+	—	—	—	+
48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(1) 1 : parties du tube digestif

++ : conidies en abondance

± : peu de conidies

— : pas de conidies.

Sur les coupes transversales du tube digestif d'*E. pisana* prélevé le premier jour à la fin du repas infectieux, les spores de *C. lagenarium* sont présentes en abondance à tous les niveaux dans la lumière intestinale (fig. 4). Au cours du deuxième jour leur nombre décroît et leur localisation devient limitée au rectum.

Des fragments d'acervules pourvus de soies sont rencontrés dans les préparations d'intestin moyen fixées le 3^e jour.

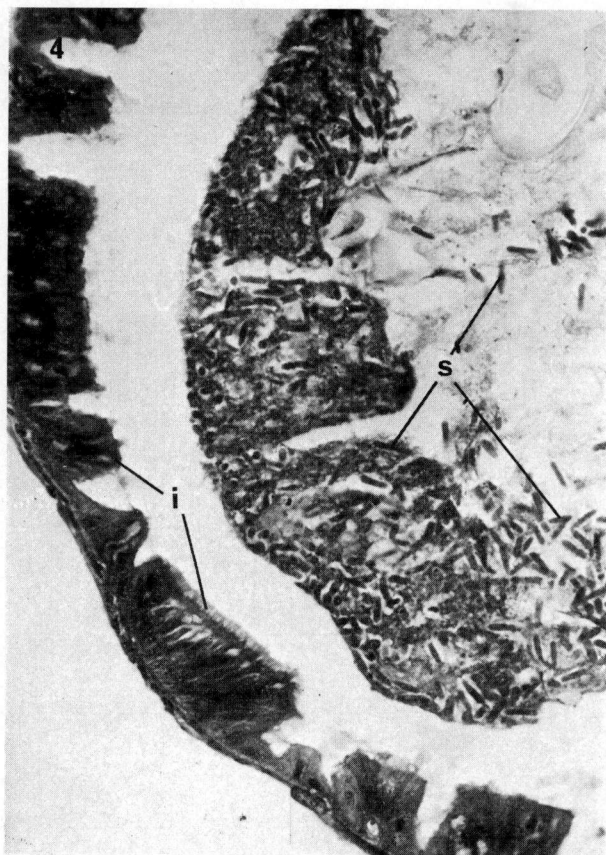


FIG. 4. — Coupe histologique de l'intestin moyen d'*Euparypha pisana* un jour après l'ingestion des spores de *Colletotrichum lagenarium*. Accumulation de spores (s) dans la lumière intestinale. i : épithélium intestinal. Coloration Hémalin-Fuchsine-acide) vert sufo (350 ×).

ÉLIMINATION DU CHAMPIGNON DANS LES DÉJECTIONS

Comme dans les expériences antérieures, les individus ont été nourris pendant 12 heures de feuilles de melon infectées, à la suite d'un jeûne de 24 heures. Les déjections ont été prélevées deux fois par jour et diluées dans de l'eau stérile. Cette suspension d'excréments est utilisée au cours des expériences suivantes :

Examen microscopique

Nous avons sélectionné une vingtaine d'individus qui s'étaient manifestement alimentés aux dépens des feuilles malades, et leurs déjections ont été soumises à l'examen microscopique. Les spores de *C. lagenarium* sont abondantes dans les 24 heures qui suivent le repas infectieux (tabl. 2).

La fréquence des spores décroît à partir de la 2^e journée sans être nulle au cours de la 3^e.

Les spores mûres prédominent, quoiqu'on rencontre fréquemment leurs différents stades de développement. Elles sont en forme de bâtonnet, rectilignes sans aucun signe apparent de blessure, et identiques à celle provenant des feuilles malades de melon. Des fragments de feuilles malades et mycélium sont aussi présents.

TABLEAU 2

Observations sur C. lagenarium éliminé dans les déjections d'E. pisana

Jours après le repas infectant	Observations ⁽¹⁾			
	Fréquence des conidies	Germination des conidies	Dévelop. de colonies	Virulence vis-à-vis de la plante-hôte
1	++	++	++	++
2	++	++	++	++
3	+	++	+	++
4	—	—	++	++
5	—	—	—	—

⁽¹⁾ ++ : fréquence élevée ; + : fréquence réduite.

Tests de conservation de la vitalité des spores

La vitalité des spores expulsées dans les déjections a été étudiée en montant la suspension fécale en goutte pendante. Au bout de 24 heures l'examen permet de constater une germination élevée (tabl. 2) avec ou sans formation des Chlamydospores. Les tubes de germination sont cylindriques et coenocytiques au début puis se bifurquent ensuite en mycélium cloisonné, selon la durée de la culture.

Le taux de germination reste assez élevé aussi longtemps que les spores sont présentes dans les déjections. Des spores prélevées directement sur des feuilles de melon infectées et mises en culture ont servi de témoin.

Isolements mycologiques

Les déjections d'escargots nourris de feuilles malades ensemencées sur milieu d'avoine donnent des colonies de *C. lagenarium* dans les deux premiers jours (tabl. 2) succédant au repas infectieux. Quelques colonies se développent encore au bout

du 4^e jour. Il semble que l'expulsion des spores accompagnant les déjections soit discontinue. Ces observations sont en accord avec l'examen microscopique des déjections mais donnent des résultats plus précis car la culture permet de reconnaître davantage la présence de spores isolées que l'étude morphologique.

La mise en culture des déjections de l'escargot témoin ne donne aucune colonie de *C. lagenarium* aux différents intervalles du prélèvement.

Les tests de virulence des conidies éliminées avec des déjections ont été réalisés selon une méthode semblable à celle utilisée pour le transit intestinal. Les inoculations avec les déjections prélevées du premier au quatrième jour produisent des symptômes nets sur les plantes (tabl. 2). Les lésions d'abord limitées aux feuilles, gagnent les tiges, entraînant la mort de la plante. Par contre des plantes infectées avec les déjections recueillies le 5^e jour et les jours suivants ne manifestent aucun symptôme caractéristique. Le champignon isolé des plantes malades a été comparé avec la souche cultivée *C. lagenarium* et identifié à celle-ci.

CONCLUSION

La première série de nos expériences a révélé la présence régulière dans le tube digestif du Gastéropode *E. pisana* ayant ingéré de la nourriture infectée par *C. lagenarium*, de spores de cet agent pathogène qui, malgré leurs parois minces, ont conservé leur viabilité. Pendant les deux jours qui suivent le repas infectieux, la présence des spores révélée au microscope et le développement des colonies en culture mettent en évidence de manière concordante la présence des conidies du champignon dans la lumière intestinale. On suit le déplacement régulier des spores depuis la partie antérieure vers l'extrémité postérieure du tube digestif. Toutefois, l'intestin antérieur peut conserver un nombre réduit de spores même après plusieurs jours.

La deuxième partie des essais montre que les spores sont expulsées avec les excréments pendant au moins 3 jours. Une certaine irrégularité est notée dans l'intensité de l'élimination, probablement en relation avec la physiologie digestive. Pendant toute cette période ces conidies germent dans une forte proportion après chaque prélèvement.

Le suc digestif des escargots paraît ainsi incapable de détruire les spores mais empêche leur germination à l'intérieur du tube digestif. Ce phénomène ne se manifeste pas seulement chez *C. lagenarium* mais également chez d'autres champignons apparus dans les cultures.

Les tests de virulence effectués avec les déjections ont montré que les spores éliminées dans les excréments restent infectieuses et sont capables de déclencher la maladie, même quand elles échappent à l'examen au microscope au-delà du 3^e jour.

L'ensemble de ces résultats met en évidence la potentialité des escargots en tant que disséminateurs des spores de champignons pathogènes ingérées. Ainsi leur éventuel rôle dans la dissémination des agents pathogènes responsables de maladies végétales ne peut pas être négligé et nos recherches se poursuivent par l'évaluation des résultats obtenus dans des conditions expérimentales au cours d'une étude écologique de la dissémination en milieu artificiel.

SUMMARY

STUDY OF THE PASSAGE OF A PLANT PATHOGENIC FUNGUS,
COLLETOTRICHUM LAGENARIUM THROUGH THE GUT OF *EUPARYPHA PISANA*

Snails of the species *Euparypha pisana* were found associated with the Anthracnose of melon caused by *Colletotrichum lagenarium*. A study has been carried out to examine the role of the feeding of these snails in the dispersal of the fungal pathogen. The animals were fed on the diseased materials and the fungal spores were recovered in a viable state from different parts of the gut and from the excreta several days after ingestion. Different phases of the passage of the fungal spores through the gut were traced by histological preparation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMARGIER A., VAGO C., 1966. Coloration histologique pour étude de mycoses d'invertébrés. *Mikroskopie*, **21**, 271-275.
- AUSTWICK P. K. C., 1957. Insects and the spread of fungal diseases, in : *Biological aspects of the transmission of disease*. Oliver and Boyd, London.
- BART G. J., GRISWOLD C. L., 1953. Recovery of viable spores of *Endoconidiophora fagacearum* from excrement of insects used in disease transmission studies. *Phytopathology*, **43**, 466.
- BERGOIN M., 1966. Passage des corps d'inclusion de virus d'une polyédrie nucléaire dans le tube digestif d'un orthoptère détritivore, *Acheta domesticus* L. *Entomophaga*, **11**, 252-259.
- BRUNT A. A., WHARTON A. L., 1960. Transmission of a gall disease of cacao. *Nature*, **187**, 80.
- BUCHANAN W. D., 1957. Brentids may be vectors of the oak wilt disease. *Plant Disease Repr.*, **41**, 707.
- CLOT J., VAGO C., 1970. Recherches sur le passage de bactéries pathogènes pour les invertébrés et les vertébrés (Homme, Animal) à travers le tube digestif de dictyoptères disséminateurs (expérience sur *Blabera fusca*). *Ann. Tech. Vétér.*, **1**, 31-40.
- CURL E. A., 1956. Experimental transmission of *Endoconidiophora fagacearum* by Collembola. *Plant Disease Repr.*, **40**, 455-458.
- GRAVATT G. F., MARSHALL R. P., 1917. Arthropods and Gasteropods as carriers of *Cronartium ribicola* in green houses. *Phytopathology*, **7**, 368-373.
- GRISWOLD C. L., 1953. Transmission of the oak wilt fungus by the pomace fly. *J. Econ. Entomol.*, **46**, 1099-1100.
- GRISWOLD C. L., 1956. Transmission of the oak wilt fungus by *Pseudopityophthorus minutissimus* (ZIMM.). *J. Econ. Entomol.*, **49**, 560-561.
- HASAN S., 1968. *Recherches sur le passage des champignons pathogènes aux plantes dans le tube digestif d'invertébrés phytophages disséminateurs*. Thèse Université de Montpellier, 1-141.
- HASAN S., 1972. Specificity and host specialization of *Puccinia chondrillina*. *Ann. Appl. Biol.*, **72**, 257-263.
- HASAN S., VAGO C., 1966. Transmission of *Alternaria brassicicola* (SCHW) WILTSHIRE by Slugs. *Plant disease Repr.*, **50**, 764-767.
- HEALD F. D., 1913. The dissemination of fungi causing disease. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, **32**, 1-29.
- LEACH J. G., 1940. *Insect transmission of plant diseases*. McGraw Hill, New York, 615 p.
- LEACH J. G., TRUE R. P., DORSEY C. K., 1952. A mechanism for liberation of spores from beneath the bark and for deplodization in *Chalara quercina*. *Phytopathology*, **42**, 537-539.
- STAMBAUGH W. J., FREGUS C. L., 1956. Longevity of spores of the oak wilt fungus on overwintered Nitidulid beetles. *Plant Dis. Repr.*, **40**, 919-922.
- VAGO C., 1964. Les virus libres des polyèdres nucléaires. *Rev. Pathol. vég. Entomol. agr. Fr.*, **43**, 237-241.
- VAGO C., FOSSET J., BERGOIN M., 1966. Dissémination des virus de polyèdres par les éphippigères prédateurs d'insectes. *Entomophaga*, **11**, 177-182.
- VIENNOT-BOURGIN G., 1949. *Les Champignons parasites des plantes cultivées*. Masson et Cie. éd., Paris.

MATSUCOCCUS PINI GREEN (1925)
(HOMOPTERA, MARGARODIDAE)
DANS LE SUD-EST DE LA FRANCE.
VARIATIONS INTRASPECIFIQUES.
COMPARAISON AVEC DES ESPÈCES LES PLUS PROCHES

R. RIEUX

*Station de Recherches forestières d'Avignon,
Centre de Recherches d'Avignon, I. N. R. A.,
Avenue A. Vivaldi,
84000 Avignon*

RÉSUMÉ

Matsucoccus pini (GREEN) dans le Sud-Est de la France présente quelques différences avec le type d'Angleterre. Nous décrivons chacun des stades du développement de la lignée femelle et de la lignée mâle, les différents morphotypes femelles rencontrés (plaine et altitude) et le mâle de l'espèce.

Matsucoccus pini appartient à un groupe d'espèce très homogène vivant sur des Pins de la section *Sylvestris*. Nous observons chez les femelles une transition entre *M. pini* et *M. insignis* BORCHS. avec l'altitude au Mont Ventoux.

Nous rapportons l'ensemble de notre matériel (plaine et altitude) à *M. pini*. *M. insignis* de Russie serait alors une sous-espèce septentrionale dont l'aire de répartition se fragmente plus au sud en se limitant aux régions d'altitude.

M. pini serait à concevoir comme une « espèce collective » à vaste répartition et susceptible de variations géographiques (Russie, Angleterre, Pologne, France, Espagne).

I. — INTRODUCTION — GÉNÉRALITÉS

Alors que *Matsucoccus feytaudi* DUC. 1941, seule espèce du genre connue dans notre pays, étendait ses dégâts sur les pins maritimes du Var, une autre espèce, nouvelle pour la France, fut observée sur pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) à Mimet (Bouches-du-Rhône) en 1963 par P. TEOCCHI. Elle fut identifiée à *Matsucoccus pini* GREEN 1925. Des prospections ultérieures révélèrent sa présence en différents peuplements de pins sylvestres (Alpes de Haute-Provence, Vaucluse, Drôme, Ardèche,

Haute-Loire, Lozère, ainsi qu'en Seine-et-Marne) laissant supposer qu'elle est largement répandue en France. Cette découverte a suscité une étude biologique dont les résultats mettent en évidence un certain nombre de différences par rapport aux conclusions des études effectuées en d'autres pays.

L'aire actuellement connue de *M. pini* est très vaste : BORATYNSKI (1959) trouve l'espèce bivoltine et parthénogénétique en Angleterre, SIEWNIAK (1969) bivoltine et sexuée en Allemagne et en Pologne ; CADAHIA et MONTTOYA (1968) en Espagne, la trouvent, quant à eux, bivoltine avec la génération d'automne-hiver sexuée et la génération de printemps-été parthénogénétique. L'espèce se rencontrerait également au Maroc (J. RIOM, communication orale), en Italie, sur la côte Dalmate en Yougoslavie, et en Roumanie (P. CARLE, communication orale).

D'après nos propres observations, effectuées essentiellement au Mont Ventoux et ses environs, l'espèce est bi- ou monovoltine selon l'altitude. Mais ces variations se doublent de différences morphologiques qui rapprochent notre matériel soit de *M. pini* GREEN (1925) proprement dit, soit d'une autre espèce très voisine, *M. insignis* BORCHSENIUS (1955), décrite sur pin sylvestre, de la région de Léninegrad. C'est pourquoi nous croyons utile de fournir une description détaillée non seulement des différents morphotypes femelles que nous avons rencontrés, mais encore des divers stades, ainsi que du mâle.

Les descriptions détaillées de mâles de Coccides sont en effet relativement peu nombreuses. Dans le genre *Matsucoccus*, les études morphologiques concernent essentiellement les femelles, seules utilisées en systématique. Il est toutefois possible que des caractères des mâles puissent aussi être utilisables pour la distinction des espèces. Le seul mâle actuellement décrit en détail est *M. bisetosus* MORRISON (1939) (BEARDSLEY, 1968). De bonnes illustrations de certaines parties du corps du mâle de *M. matsumurae* (KUWANA, 1905) figurent dans le travail de MORRISON sur la classification des *Margarodidae* (1928) ; il en est de même pour le mâle de *M. resinosae* (BEAN et GODWIN, 1955). Il n'existe, à notre connaissance ni description, ni mention du mâle de *M. insignis* ; en revanche, SIEWNIAK (1969) fournit des indications générales sur la morphologie du mâle de *M. pini* en Pologne, reprises par CADAHIA et MONTTOYA pour *M. pini* en Espagne.

Nous nous référons essentiellement pour ces observations, aux travaux de GHOURI (1962) sur les mâles de Coccides et à la description précise de *M. bisetosus* par BEARDSLEY (1968). Nous adoptons très largement leur nomenclature des sclérites et des sutures de l'exosquelette et utilisons leurs interprétations des structures observées.

Le cycle biologique est conforme au schéma vraisemblablement commun à l'ensemble du genre (fig. 1) : les œufs sont pondus en amas d'environ 150, en un ovisac cotonneux formé de fins filaments de cire. L'œuf donne une larve de premier stade, d'abord mobile, qui se fixe par implantation de ses stylets dans le végétal ; son avant-corps s'élargit, mais aucune mue ne sépare les deux phases. La première mue libère le deuxième stade, apode, pourvu de stylets renouvelés, enfoncés à peu près au même endroit que ceux de la larve de 1^{er} stade. La larve de 2^e stade femelle donne directement la femelle à la seconde mue. La larve de 2^e stade mâle passe par deux stades de plus : la 2^e mue libère la pronymphé. Celle-ci construit un cocon de filaments de cire à l'intérieur duquel elle mue en nymphe. La quatrième mue libère l'imago.

2. — ŒUF ET STADES LARVAIRES

Jusqu'au deuxième stade inclus, les sexes ne présentent pratiquement pas de différence. C'est seulement en fin de croissance du deuxième stade que l'on peut commencer à distinguer les femelles des mâles, à leur taille moyenne légèrement plus forte (1,6 mm de long sur 1,4 de large, contre 1 mm sur 0,8) et à leur pigmentation plus sombre.

2. 1. — Œuf et développement embryonnaire

Œuf elliptique, allongé ovoïde. Environ 260 microns de long sur 145 de large, à chorion lisse, luisant, sans ornementation ni pore micropylaire. Jaune pâle légèrement transparent. Deux ou trois jours avant l'éclosion apparaissent les deux taches oculaires brunes de la jeune larve. Celle-ci en position arquée à l'intérieur de l'œuf, antennes rabattues ventralement, porte à l'apex antérieur une arête saillante tenant vraisemblablement lieu d'ovirupteur : à ce niveau se produit la déchirure du chorion. Pattes allongées sur la face ventrale. Hypopharynx et labium visibles à la fin du développement ; stylets non coaptés, en 4 enroulements : 2 mandibulaires et 2 maxillaires (fig. 2 A).

2. 2. — Larve de 1^{er} stade (L. 1)

2. 21. Phase mobile.

Allongée, elliptique ; 398 microns de long sur 183 microns de large en moyenne ; jaune ambrée à l'éclosion, ensuite brun clair. On distingue trois segments thoraciques et huit abdominaux. Le corps porte 2 paires de soies ventrales (l'une céphalique, au-dessous de la base des antennes, l'autre entre les hanches antérieures), une paire de soies dorsolatérales courtes sur chaque segment thoracique et chacun des segments abdominaux 1 à 7, enfin 2 soies longues près de l'apex postérieur, chacune doublées de deux autres soies beaucoup plus courtes. Il y a deux paires de stigmates thoraciques et 7 paires de stigmates abdominaux beaucoup plus petits.

Antennes presque contiguës, à l'extrémité antérieure de la tête ; six articles (fig. 2 C) : le 1^{er} gros et large, avec une soie sur son bord interne et un poil dorsal près de la base. Le 2^e allongé, pourvu de 3 soies : une sur le bord interne, une sur le bord externe et légèrement dorsale, une ventrale, plus grande dirigée vers l'intérieur. Le 3^e court, muni latéralement de 2 structures tégumentaires réfringentes. Le 4^e, long, avec une épine insérée ventralement. Le 5^e court, sans épine ni soie. Le 6^e avec de fines rides ventrales parallèles longitudinales et 2 fortes épines sur les côtés, porte un prolongement ressemblant à un 7^e article, terminé par 4 soies.

Yeux hémisphériques, bruns foncés, saillants latéralement, un peu en arrière des antennes.

Pattes (fig. 2 D) relativement petites ; hanches larges, munies d'épaississements articulaires avec le trochanter. Trochanter avec une très longue soie, incomplètement séparé du fémur. Celui-ci assez large, surtout aux pattes antérieures ; porte une soie. L'articulation tibio-tarsale semble immobile. Tarse uni-articulé, légèrement plus court que le tibia ; porte une soie ventrale et, près de l'extrémité distale, une soie

dorsale. Chaque patte terminée par une griffe portant à la base 2 digitules spatulés et un denticule.

Appareil buccal tout entier situé au-dessous de la base des pattes antérieures, pointe de l'hypopharynx et racine des stylets légèrement au-dessus de la base des pattes intermédiaires. Stylets coaptés à partir de l'extrémité de l'hypopharynx et enroulés dans la *crumena* qui descend jusque sous la partie antérieure de l'abdomen. Dans la *crumena*, les stylets forment une boucle et après un tour de spire en sens inverse du reste de l'enroulement, aboutissent au labium unisegmenté, ovale, situé très bas, entre le 2^e et le 3^e segment thoracique. Les stylets sont appuyés contre la face dorsale du labium, leur extrémité partiellement engagée dans la très courte gouttière labiale. Cette description de la larve de 1^{er} stade est identique à celle fournie par BORATYNSKI excepté pour ce qui concerne les deux paires de petites soies ventrales céphaliques et thoraciques non mentionnées par cet auteur.

2. 22. Phase fixée.

Dès le début de la prise de nourriture, la L. 1 commence à croître et à sécréter de la cire autour de l'abdomen. Aucune glande visible. Cette sécrétion blanche signale la larve dont la couleur brun roux clair se confond avec celle des écorces.

Taille moyenne en fin de croissance : 800 microns de long sur 620 microns de large (fig. 3 A). Pattes et antennes ne subissent de déformations qu'à leur base : forte distension des hanches et du 1^{er} article des antennes. Croissance affectant essentiellement la région antérieure du corps, la partie postérieure de l'abdomen restant identique : l'insecte devient pyriforme, appendices rejetés à la périphérie ; l'appareil buccal reste central. La croissance s'effectuant là où l'espace est disponible à l'endroit même de la fixation, on rencontre souvent des individus fortement asymétriques, le maximum de leur croissance s'étant effectué sur le côté droit ou gauche, par exemple entre deux pattes homolatérales, ou entre une patte et une antenne. Cependant, dans tous les cas, les deux antennes restent rapprochées, ainsi que les yeux.

2. 23. Préparation à la mue au 2^e stade.

Vers la fin du stade L. 1, les premières manifestations du passage vers le 2^e stade sont des modifications dans la zone de l'hypopharynx, avec l'apparition de 4 digitations, à laquelle succède, de plus en plus visiblement, celle des 4 stylets enroulés selon une disposition comparable à celle observée chez l'embryon. Le labium de la L. 2, de beaucoup plus grande taille que celui de la L. 1, apparaît en dernier. Les stylets de la L. 2 sont ensuite coaptés, puis enroulés en boucle ventrale dans la *crumena*. Ils seront déroulés par l'orifice labial pour être enfoncés dans les tissus du végétal.

2. 3. — Larve de 2^e stade (fig. 3 C)

2. 31. Morphologie.

Sacculiforme, sans yeux, ni pattes, ni antennes. Les seules structures apparentes sont l'appareil buccal et les stigmates. Corps arrondi, de forme plus ou moins régulière, globuleux ou ovoïde, lenticulaire selon qu'il est comprimé par les écorces ou le voisinage d'autres larves. Appareil buccal semblable à celui de la L. 1, mais de beaucoup plus grande taille. Labium à peu près central, en position légèrement relevée.

Neuf paires de stigmates : 2 thoraciques ventrolatérales et 7 abdominales en position submarginale. Chacun avec une cavité cylindrique s'ouvrant obliquement à la surface du corps et une plaque stigmatique criblée de pores, sur le bord de laquelle s'abouche un tronc trachéen. La dimension des plaques stigmatiques et le nombre de leurs pores décroissent de l'avant vers l'arrière.

2. 32. *Exuviation.*

Le mode d'exuviation des *Matsucoccus* varie selon l'espèce : rupture irrégulière des téguments à la partie postérieure du corps chez *M. resinosae* ; déhiscence régulière en 5 valves chez *M. pini*, le tracé des futures fentes ecdysiales demeurant, selon BORATYNSKI, indécélable jusqu'à l'ouverture. Sur notre matériel, cependant, ce tracé apparaît en fin d'évolution larvaire, sur la partie postérieure du corps. La mue a également lieu, dans tous les cas, par déhiscence en 5 valves, 2 dorsales et 3 ventrales. Les 2 ventrolatérales portent les 3^e à 6^e paires de stigmates abdominaux, la 3^e tout au bord et à la base des valves ; la ventrale médiane porte la 7^e paire.

Ce mode d'exuviation est identique pour les deux sexes : la femelle ou la pronympe se dégage à reculons, en écartant les 5 valves, étirant les filaments trachéens restés solidaires de l'exuvie. Celle-ci reste en place, maintenue par les stylets de la L. 2.

3. — FEMELLE (FIG. 4 A)

3. 1. — *Morphotype d'altitude*

2,8 mm de long et près d'1 mm de large en moyenne. Corps brun clair, muni de rides transversales ; reflets légèrement soyeux, particularité due au dédoublement des téguments (BORATYNSKI) : le tégument interne est recouvert d'une enveloppe externe qui adhère uniquement au niveau des stigmates, soies et glandes dermiques. Consistance très souple. Seuls les téguments des pattes et des articles 3 à 9 des antennes sont sclérotinisés. Au repos, corps allongé, ovoïde ; tête, thorax et abdomen d'un seul tenant. Abdomen plus large dans sa moitié postérieure avec en son milieu une légère constriction formant une ceinture, où les téguments sont plus finement ridés transversalement et de couleur plus claire.

Neuf paires de stigmates : 2 thoraciques et 7 abdominales ; caractéristiques du genre, simples et peu sclérotinisés, sans plaque criblée.

Téguments portant des soies dorsales et ventrales ainsi que les pores dermiques : pores biloculaires répartis sur tout le corps, en rangées incomplètes et en petits groupes sur la région antérieure, et en rangées transversales autour de l'abdomen. 104 à 246 cicatrices dorsales (ou pores circulaires simples) ; moyenne sur 40 individus : 164 ; disposées en 5 bandes sur les segments 3 à 7, la 1^{re} pouvant être réduite à une rangée, et la 5^e parfois absente. 28 à 68 pores multiloculaires ; moyenne sur 40 individus : 39 ; localisés ventralement à l'apex postérieurs de l'abdomen (8^e segment) en deux groupes contigus, plus ou moins fusionnés au-dessus de l'orifice génital.

Antennes caractéristiques du genre, rapprochées, à 9 articles munis de soies. Articles 6 à 9 portant 2 fortes épines légèrement arquées ; articles 3 à 9 à épaississements sclérotinisés transversaux évoquant des écailles imbriquées (fig. 4 B). Yeux

petits, latéraux, en arrière des antennes ; cornée subhémisphérique. Pièces buccales absentes, leur emplacement marqué d'une cicatrice dermique formant une dépression au niveau du contact des pièces buccales de la L. 2 avec les téguments de la femelle avant la mue. Pattes caractéristiques du genre, portant la même ornementation sclérotinisée que les antennes. Hanches peu sclérotinisées ; une soie sur chaque trochanter. Tarses distinctement biarticulés ; ongle épaissi à la base, portant 2 digitules spatulés et un léger denticule basal.

3. 2. — *Variations morphotypiques des femelles selon l'altitude*

En plaine ou faible altitude, les femelles sont de taille légèrement supérieure (3 mm de long et 1,2 mm de large) issues de L. 2 aussi légèrement plus grosses et un peu plus pigmentées. Femelles en tous points semblables au morphotype d'altitude quant aux caractères des pattes et des antennes, mais nombre plus élevé de cicatrices dorsales et de pores multiloculaires (moyenne sur 15 individus : respectivement 276 et 54) (fig. 5 D).

A cet égard d'ailleurs, le comptage des pores multiloculaires et des cicatrices dorsales d'individus de différentes stations échelonnées en altitude, révèle en fait une variation très progressive des caractères d'un morphotype vers l'autre (tabl. 1) : le nombre de cicatrices dorsales et de pores multiloculaires diminue depuis les zones basses jusqu'aux zones d'altitude. Nous rencontrons même vers 1 700 m au flanc nord du Mont Ventoux une forme présentant 104 à 201 cicatrices dorsales et seulement 26 à 46 pores multiloculaires, la moyenne sur 10 individus étant respectivement 137 et 37.

4. — LA LIGNÉE MALE

4. 1. — *Pronymphe et nymphe* (fig. 6)

Pronymphe morphologiquement très proche de la femelle dont elle a l'aspect général, la couleur, et les reflets soyeux. Taille plus petite (1,5 mm sur 0,7 mm environ) et proportions du corps différentes : abdomen relativement plus petit ; on devine, sous les téguments, les disques imaginaires des ailes sous forme de taches plus claires en léger relief. Absence de cicatrices dorsales et de pores multiloculaires. Pores de type biloculaire, distribués comme ceux de la femelle, en petits groupes sur la partie antérieure du corps et en rangées transversales autour de l'abdomen. Téguments portant en outre de fines soies semblablement distribuées. Soies plus longues sur la face ventrale de l'abdomen (fig. 6 A). Antennes trapues, mais à 9 articles et munies de 2 fortes épines sensorielles, latéroventralement, sur les articles 6 à 9, comme chez la femelle. Pattes également semblables à celles de la femelle, mais proportionnellement plus développées. Hanches portant chacune un groupe plus nombreux de soies sensorielles courtes et trapues ; une grande soie sur chaque trochanter.

Après tissage du cocon, la pronymphe subit d'abord une phase immobile puis mue en nymphe par rupture dorsale des téguments (fig. 6 B). Nymphe d'environ 1,2 mm de long sur 0,5 mm de large. Téguments lisses, sans pores ni soies. Antennes, pattes, ébauches alaires, semblables à des fourreaux dans lesquels s'édifient les appendices du mâle adulte.

4. 2. — *Mâle adulte* (fig. 7 et 8)

Taille petite : 1,3 mm environ. Parties sclérotinisées du corps presque noires, zones membraneuses brun clair.

Tête (fig. 8 A), vue dorsalement, grossièrement trapézoïdale. Porte les antennes à l'avant, rapprochées, à 10 articles munis de soies. Le 1^{er} (fig. 8 B), ou scape, est court, massif, entouré d'une suture basale (S.b.) fortement sclérotinisée ; il porte dorsalement un groupe de *sensoria* (S). Le 2^e ou pédicelle, plus petit, globuleux, est muni d'un anneau basal fortement sclérotinisé. Les articles suivants (fig. 3 B), allongés, plus ou moins irrégulièrement cylindriques, plus larges à leur extrémité supérieure,

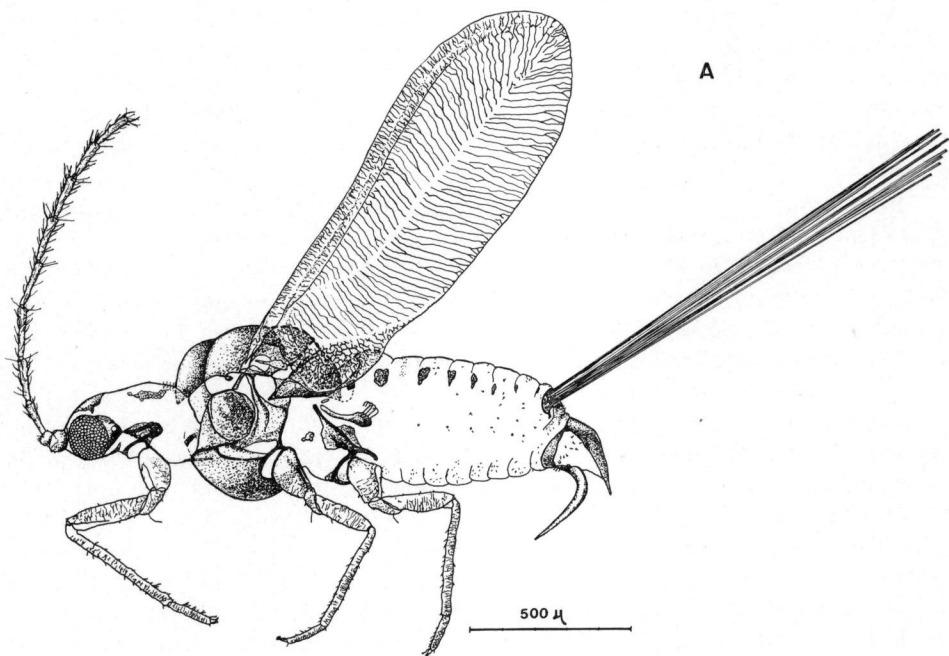


FIG. 7 A. — *Mâle, vue latérale.*

sont munis de nombreuses soies longues et arquées. Les 4 derniers portent chacun près de leur extrémité distale 2 soies nettement plus fortes, spiniformes. Les articles 4 à 10 sont munis en outre, sur leur bord supérieur, de fines soies terminées en « bouton » : 2 à 4 sur les articles 4 et 5 ; 4 sur les articles 6 à 9 ; 4 à 6 à l'apex du 10^e. Tête munie latéralement d'une paire de sclérites oculaires portant les yeux composés (Oe), gros, saillants, caractéristiques du type margaröïde. En arrière, sur un tubercule conique du sclérite oculaire, se trouvent les yeux simples (Oc), interprétés comme des yeux larvaires persistants. La région occipitale porte un sclérite céphalique dorsal (S.c.d.). Suture médiane (S.m.) bien développée, formant l'axe médian du sclérite céphalique dorsal ; se prolonge antérieurement entre les antennes et se poursuit sur la partie ventrale de la tête jusque dans la plaque médioventrale (P.m.v.). Orifice buccal (O.b.), non fonctionnel, sur la plaque céphalique ventrale (P.c.v.)

séparée de la plaque médioventrale par un sillon préoral (S.p.o.). Aucune pièce buccale visible. Juste en arrière du sillon préoral s'observent les 2 points tentoriaux antérieurs (P.t.a) ; les angles postérieurs de la plaque post-orale (P.por.) supportent les 2 points tentoriaux postérieurs (P.t.p.). Quelques soies céphaliques irrégulièrement disposées : sur la face dorsale, près de la marge du sclérite céphalique dorsal, et ventralement, près du bord antérieur de la plaque médioventrale.

Tête séparée du prothorax par une constriction formant un cou. Prothorax en majeure partie membraneux, portant dorsolatéralement une paire de sclérites qui représentent les post-tergites (fig. 7 B ; P.t.g.). Sclérite propleural complexe, dont la pointe s'appuie sur l'extrémité postérieure du sclérite oculaire (au niveau où se terminerait la suture post-oculaire, peu visible). Proépistérne (Eps. 1) au-dessous de la suture paranotale (S.pan.). Suture précoxale (S.pc.1) qui limite postéro-ventralement le sclérite propleural et porte à son extrémité supérieure une apophyse propleurale (A.pl.1). Prosternum (St.1), en forme de pointe de flèche, peu développé, prolongé par une apophyse prosternale (A.st.1) simple. Sclérite du péricrète (Ptr. 1) de la 1^{re} paire de stigmates thoraciques (Sti.1) situé juste en avant de la région métapleurale.

Mésothorax très développé, divisé dorsalement en mésonotum (ou alinotum) et mésopostnotum ou postscutellum (Psc.). Mésonotum fortement sclérotinisé, subdivisé en préscutum (Psc.), scutum (Sc.) et scutellum (Scl.). Bord antérieur du préscutum formant un endophragme antérieur (E.a.) ou mésoprèphragme. Suture préscutale (S.psc.) séparant le préscutum du scutum. Ce dernier bien développé, muni, de chaque côté, d'une fenêtre membraneuse au-dessus du niveau de l'insertion des ailes, entre les processus notaux antérieur (P.a.) et postérieur (P.p.). Suture scuto-scutellaire (S.sc.) limitant le scutellum. Postscutellum séparé du mésonotum par une aire membraneuse et partiellement recouvert par un repli membraneux du métathorax. Son bord postérieur forme un endophragme postérieur (E.p.) ou mésopostphragme.

Région mésopleurale complexe, constituée de nombreux sclérites, dont la signification a été diversement interprétée chez les mâles de Coccides. Sclérite préalaire (S.pra.) adjacent au bord inférieur du préscutum, rejoignant une plaque triangulaire (P.t.) qui serait une expansion du sclérite préalaire. Mésépistérne (Esp.2) bien développé, en forme de disque. Une petite tégula (t.) située au-dessous du scutum, en avant du processus notal antérieur. Sclérite basalaire (S.ba.) étroit, traversant obliquement l'aire membraneuse située entre le bord supérieur du mésépistérne et le bord inférieur du scutum. Processus alaire pleural (P.a.p.) en arrière du mésépistérne. Suture mésopleurale (S.pl.2), bien marquée à la base, montant depuis le processus coxal (P.cx.2) ; s'incurve en devenant plus fine et s'accôle au processus alaire pleural. Épimère mésothoracique (Epm.2) située entre la partie oblique de la suture mésopleurale et l'extrémité de l'expansion postalaire (E.pa.) du postscutellum. Sclérite du péricrète (Ptr.2) du stigmate mésothoracique (Sti.2) situé dans l'aire membraneuse en arrière de la suture mésopleurale.

Mésosternum (St.2) représenté par un basisternum convexe très développé et fortement sclérotinisé, muni d'une furca mésosternale interne (F.st.2). Bords du mésosternum soulignés par des sutures : suture précoxale (S.pc.2) sur le bord postérieur, suture marginale latérale (S.m.a.l.) dans la partie latérale. De la suture marginale antérieure part la suture sous-épisternale (S.sep.).

Métathorax (fig. 7 B) réduit et en grande partie membraneux ; forme un repli (R) sur la partie postérieure du postscutellum. Portion sclérotinisée réduite à une paire de petits sclérites suspenseurs (S.s.) des pseudo-balanciers. Plus en arrière, en position dorsolatérale, se situent 2 paires de sclérites postnotaux (S.pn.) représentant le métapostnotum.

Région métapleurale portant un sclérite qui s'étend obliquement depuis la base du pseudobalancier jusqu'au processus coxal. Son axe est constitué par la suture métapleurale (S.pl.3) dont l'extrémité antérieure, légèrement dilatée, s'articule avec la base du pseudobalancier. De la partie dorsale de la suture mésopleurale s'étale une expansion comportant épimère métathoracique (Epm.3) et apophyse métapleurale (A.pl.3). Suture postcoxale (S.poc.3) partant de la suture pleurale, au-dessus de l'articulation coxale, et formant un prolongement en direction postérieure. Du même point part, en sens opposé, une suture précoxale (S.pc.3) qui s'incurve ventralement et rejoint le métasternum (St.3). Apophyse métasternale munie d'une furca interne.

Ailes (fig. 8 C) assez étroites, allongées, à nervation très réduite. Un épaissement antérieur submarginal correspond à la sous-costale (S.c.), sans que la nervure soit apparente. Nervure radiale (R) seule bien visible. Tracé des nervures médiane (M) et anale (An.) indiqué par une interruption des fines veines transversales de l'aile, où il est difficile de repérer la nervure elle-même. Bord anal de l'aile formant un petit repli (Rep.) où s'accrochent les hamuli des pseudobalanciers. Base de l'aile munie de 3 sclérites axillaires (Ax.1, 2, 3) et d'un sclérite axillaire auxiliaire (Ax.a.).

Pseudobalanciers, homologues des ailes métathoraciques, portant sur le bord antérieur de leur extrémité renflée en massue, généralement 3 à 5 soies, plus rarement 2 ou 6, terminées en bouton et recourbées en hameçon : les hamuli, coaptés avec les ailes pendant le vol.

Pattes (fig. 8 D) assez grêles. Leurs articles ornés de rides transversales sclérotinisées figurant plus ou moins des écailles, notamment sur les tarses.

Hanches antérieures légèrement plus longues que les hanches méso- et métathoraciques. Trochanters portant ventralement 2 ou 3 petites soies en région proximale et une grande soie en région distale ; taille moyenne de cette soie mesurée sur 20 mâles : 41, 39, 38 microns pour les pattes pro-, méso-, et métathoraciques respectivement. Fémurs et tibias munis de soies dorsales et ventrales. Tarses unisegmentés portant deux rangées de soies ventrales et, près de leur extrémité, une fine soie dorsale. Ongle pourvu de deux digitules spatulés et d'un épaissement basal non denticulé.

Abdomen (fig. 7 B) surtout membraneux, à segmentation nette. Huit segments prégénitaux. Le premier dépourvu de sclérites. Segments 2 à 7 avec chacun, dorsalement, sur leur marge antérieure, une paire de sclérites de forme irrégulière, de taille décroissante de l'avant vers l'arrière. Sept paires de stigmates abdominaux, sur les segments 1 à 7. Septième segment muni dorsalement d'un groupe de glandes cirières tubulaires multiloculaires (G.c.t.) sécrétrices du pinceau caudal (P.c.). Leur nombre sur 40 individus, varie de 12 à 23 ; mâles à 16 pores les plus fréquents ; 16,7 pores en moyenne, d'environ 9 microns de diamètre sur 18,5 microns de haut ; apparemment 8 à 9 loculi périphériques, dont le comptage est assez difficile. Huitième segment petit, sans sclérites ni orifices stigmatiques. Sclérite terminal (T.a.9) sur le 9^e, au milieu duquel s'ouvre l'anus ; ce tergite est muni de petites *sensilla* sur sa partie dorsale, plus densément distribuées à son extrémité distale. Sur le sternite abdominal

(St.a.9) s'articule l'édéage (Ed.) fortement sclérotinisé et recourbé vers le bas. Fines soies irrégulièrement disposées ventralement et latéralement.

4. 3. — Variations morphotypiques des mâles avec l'altitude

Il n'existe pour le moment aucune clé de détermination des mâles de *Matsucoccus*. Nous avons donc recherché des caractères comparatifs qui puissent avoir une signification systématique.

La comparaison de notre matériel avec *M. bisetosus* (description de BEARDSLEY, 1968) et *M. feytaudi* (insectes mis à notre disposition par RIOM) fait ressortir des différences, entre autres, dans la longueur du corps, le nombre et la disposition des épines sur les segments antennaires, le nombre et la disposition des soies en bouton ; le nombre des soies du 3^e article antennaire nous semble également un caractère à retenir, ainsi que la pilosité de la base de ce même article. Nous avons considéré comme autres caractères comparatifs possibles le nombre des hamuli des pseudobalanciers, ainsi que le nombre des pores ciriers sur l'écusson caudal du 7^e segment et celui des loculi périphériques de ces pores.

Sur la base de ces caractères, nous avons comparé 20 mâles d'altitude (Mont Ventoux 1 400 m) et 20 mâles de plaine (Montélimar 200 m). Nous résumons ci-après les observations :

Les différences, d'ailleurs infimes, peuvent de plus être attribuées au faible effectif des échantillons observés. Elles ne permettent pas de distinguer de morphotypes de plaine ou d'altitude chez les mâles.

	Ventoux 1 400 m	Montélimar 200 m
Longueur moyenne	1,3 mm	1,4 mm
Nombre distribution des épines sur articles antennaires	2 sur chacun des articles 7 à 10	
Nombre de soies sur le 3 ^e article antennaire	6 à 16 généralement 9 à 11 moyenne 10,5	3 à 15 généralement 6 à 11 moyenne 8,5
Pilosité de la base du 3 ^e article antennaire	soies toujours absentes dans le tiers parfois même dans la moitié inférieure	
Nombre de soies par trochanter	1	
Longueur de la soie du trochanter	Patte 1 : 41 microns — 2 : 39 — — 3 : 38 —	Patte 1 : 41,5 microns — 2 : 39 — — 3 : 37,5 —
Nombre de hamuli sur les pseudobalanciers	2 à 5 généralement 3 ou 4 parfois 5 plus rarement 2 moyenne 3,7	3 à 6 généralement 4 ou 5 parfois 3 plus rarement 6 moyenne 4,2
Nombre de glandes cirières sur l'écusson caudal	14 à 32 souvent 16 moyenne 16,7	12 à 23 souvent 16 moyenne 16,7
Nombre de loculi périphériques	habituellement 8 ou 9	

DISCUSSION

Dans le genre *Matsucoccus* les espèces se distinguent principalement sur la base des caractères morphologiques des femelles. Il faut cependant remarquer que des caractères tels que le nombre et la disposition des cicatrices dorsales et des pores multiloculaires fluctuent dans des proportions importantes, même parmi des individus prélevés sur un même arbre et appartenant de ce fait à une même sous-population.

Les espèces sont d'autre part souvent décrites à partir d'un petit nombre d'individus prélevés dans une localité ponctuelle ; aussi peut-on penser que les descriptions ne donnent qu'une idée très incomplète des variations possibles sur l'ensemble de l'aire d'une espèce.

Nos insectes sont à rattacher à un groupe d'espèces morphologiquement proches, vivant sur les pins de la section *sylvestris*, qui comprend en Europe : *M. pini* GREEN (1925), *M. insignis* BORCHSENIUS (1955), *M. mugho* SIEWNIAK (1970) ; en Amérique : *M. resinosae* BEAN et GODWIN (1955) ; au Japon : *M. matsumurae* KUWANA (1955). Tous possèdent en commun des antennes à 2 épines courbes sur les articles 6 à 9, des pattes similaires, des soies courtes sur le corps et des soies médioventrales d'une trentaine de microns.

TABLEAU I

Variation du nombre de pores multiloculaires
et de cicatrices dorsales avec l'altitude (Mont Ventoux)

Localités	Altitude (m)	Nombre de pores multiloculaires	Nombre de cicatrices dorsales	Nombre d'insectes observés
Ventoux (Flanc nord)	1 700	26 à 46 moyenne 37	104 à 201 moyenne 137	10
Loubatière (Flanc nord)	1 450	28 à 53 moyenne 36	107 à 224 moyenne 148	20
Belvédère (Flanc sud)	1 350	29 à 68 moyenne 42	104 à 246 moyenne 176	20
Perrache (Flanc sud)	1 100	39 à 60 moyenne 48	161 à 268 moyenne 221	8
Le Seuil	800	42 à 64 moyenne 52	135 à 276 moyenne 215	20
1 ^{re} Plate-forme	600	44 à 55 moyenne 48	210 à 308 moyenne 245	4
Portail St-Jean	500	43 à 71 moyenne 54	176 à 377 moyenne 276	15

Les affinités de notre matériel sont étroites avec *M. pini* et *M. insignis* (tabl. 2). Considéré dans son ensemble, il englobe les domaines de variation réunis de ces deux espèces. Le nombre de femelles observées, 97 au total, ne suffit vraisemblablement pas à rendre compte d'une telle amplitude de variation, mais les échantillons ont été prélevés dans les localités étagées en altitude sur les pentes du mont Ventoux, c'est-à-dire dans des zones climatiques différentes, depuis l'étage méditerranéen jusqu'à l'étage alpin ou pseudoalpin.

TABLEAU 2

Comparaison des caractères de *M. pini*, *M. insignis* et notre matériel

	<i>M. pini</i> GREEN 1925 (Sud de l'Angleterre) (20 femelles)	<i>M. insignis</i> BORCHS. 1955 (Nord de la Russie)	Notre matériel	
			(Ventoux 1 400 m) (20 femelles)	(Ventoux 500 m) (15 femelles)
Antennes				
Nombre d'articles	9	9	9	9
2 fortes épines sur les articles	6 à 9	6 à 9	6 à 9	6 à 9
Trochanters				
Nombre de longues soies sur chaque trochanter	1	1	1	1
Longueur de cette soie	49 à 79 microns		45 à 80 microns moyenne : 62 microns	45 à 78 microns moyenne : 63 microns
Disposition des pores biloculaires				
Sur la partie antérieure du corps	En rangées incomplètes et en petits groupes	En rangées incomplètes et en petits groupes	En rangées incomplètes et en petits groupes	En rangées incomplètes et en petits groupes
Autour de l'abdomen	En rangées transversales	En rangées transversales	En rangées transversales	En rangées transversales
Pores multiloculaires				
Disposition	A l'apex postérieur de l'abdomen, en 1 groupe	A l'apex postérieur de l'abdomen, en 2 groupes de chacun 21 à 29 pores	A l'apex postérieur de l'abdomen, en 2 groupes plus ou moins fusionnés de 13 à 36 pores chacun (moyenne : 19)	A l'apex postérieur de l'abdomen, en 2 groupes plus ou moins fusionnés Partage en 2 groupes plus ou moins arbitraire de 43 à 71 pores moyenne : 54
Nombre	de 30 à 37 pores moyenne : 34	2 × (21 à 29) soit env. 42 à 58 pores	de 28 à 68 pores moyenne : 39	
Cicatrices dorsales				
Disposition	En 5 bandes (sur les segments 3 à 7), la 5 ^e plus ou moins incomplète	En 5 bandes (sur les segments 3 à 7), la 1 ^{re} réduite à 1 rangée et la 5 ^e parfois absente	En 5 bandes (sur les segments 3 à 7), la 1 ^{re} parfois réduite à 1 rangée et la 5 ^e parfois absente	En 5 bandes (sur les segments 3 à 7), la 5 ^e plus ou moins incomplète
Nombre	202 à 334 ; moyenne 282	145 à 250	104 à 246 ; moyenne : 164	176 à 377 ; moyenne : 276

Les points communs sont nombreux avec *M. pini* type : antennes identiques, nombre de cicatrices dorsales de même ordre de grandeur surtout chez le morphotype de plaine. Le nombre de pores multiloculaires est plus élevé mais passe à celui de *M. pini* avec l'altitude. D'autres caractères, empruntés aux larves, confirment les ressemblances avec *M. pini* : la L. 1 est identique à celle décrite par BORATYNSKI, aux 4 petites soies ventrales près, que cet auteur ne mentionne pas, et d'ailleurs peu visibles. Les stigmates de la L. 2 sont identiques ainsi que le mode de pénétration des trachées. Les larves muent de façon identique, à la seule différence près que les fentes d'exuviation de la L. 2 deviennent visibles par éclaircissage avant la mue. Vu seul, le morphotype de plaine et faible altitude pourrait être assimilé à *M. pini*, la seule différence marquante étant en fait un plus grand nombre de pores multiloculaires. L'existence de la lignée mâle chez notre matériel constitue une différence biologique avec le type d'Angleterre, mais est à rapprocher des observations de SIEWNIAK en Pologne et de CADAHIA et MONTOYA en Espagne.

Notre matériel présente également de grandes ressemblances avec *M. insignis* BORCHSENIUS, espèce très proche de *M. pini*, dont elle diffère surtout par le nombre de cicatrices dorsales plus faible, ce qui est précisément le cas des insectes que nous trouvons en altitude, et par le nombre de pores multiloculaires plus élevé, caractère que nous observons sur presque l'ensemble de notre matériel. Chez *M. insignis*, les pores multiloculaires sont, typiquement, répartis en deux groupes, disposition que nous n'observons pas nettement, ces deux groupes étant contigus et plus ou moins fusionnés au-dessus de l'orifice génital.

En haute altitude, où nous rencontrons les insectes les plus pauvres en pores, se trouvent même des individus possédant moins de cicatrices dorsales que *M. insignis* type, mais leur nombre de pores multiloculaires est également plus faible et rejoint celui de *M. pini*. C'est aux environs de 1 200 à 1 500 m au Mont Ventoux que le morphotype d'altitude s'identifie tout à fait à *M. insignis* décrit par BORCHSENIUS. Seule la femelle de cette cochenille ayant été décrite, nous ne pouvons étendre la comparaison aux autres stades ; notons aussi que l'auteur ne fait pas mention de l'existence ou non du mâle de *M. insignis*.

Nous pourrions penser être en présence d'un matériel double, appartenant à 2 espèces différentes, une espèce de plaine relayée par une autre espèce vicariante voisine en altitude.

Il nous semble cependant difficile de considérer l'insecte de plaine et celui d'altitude comme deux espèces différentes, du fait de l'existence chez les femelles d'une transition progressive entre les deux morphotypes. De plus, la comparaison de tous les autres stades et des mâles ne fait ressortir aucune différence, si ce n'est une taille légèrement moindre en altitude. Les différences seraient alors d'ordre subsppécifique, entre deux écotypes de la même espèce, l'un de plaine, l'autre d'altitude. Mieux encore serions-nous enclin à penser que *M. insignis*, *M. pini* et notre matériel appartiendraient en fait à une seule et même « espèce collective » susceptible de variations avec l'altitude, la latitude, l'insularité...

Provisoirement, et dans l'impossibilité de trancher le statut de l'espèce trouvée au Mont Ventoux, nous la rattachons, pour des raisons d'antériorité, à *M. pini*, que nous concevons alors au sens collectif de « groupe *pini* », englobant *M. pini* et *M. insignis*.

Dans cette optique, on pourrait considérer notre morphotype d'altitude, iden-

tique à *M. insignis* trouvé à Léninegrad, comme une relicté glaciaire dont l'aire se restreindrait, en nos régions, aux zones d'altitude. Le morphotype de plaine serait, quant à lui, une des variétés continentales sexuées de *M. pini*, à rapprocher vraisemblablement de celle existant en Espagne. La série des transitions localement observée sur les pentes du Mont Ventoux serait due au contact des deux écotypes.

La tendance qui semble se dessiner à l'examen des variations morphologiques observées avec l'altitude au Mont Ventoux sur notre matériel suggère un certain rapprochement possible avec *M. mugho* ; cette espèce, bien individualisée, décrite par SIEWNIAK, semblerait être à situer à proximité du complexe *M. pini*-*M. insignis* : La petite taille, la teinte claire et l'absence de pores multiloculaires qui la caractérisent pourraient s'inscrire dans le sens de ces variations avec l'altitude ; on concevrait ainsi fort bien que des caractères extrêmes, tels l'absence totale de pores multiloculaires, se manifestent chez un insecte dont l'hôte, *Pinus mughus* var. *pumilio* (HAENKE) ZENARI, est précisément le pin du groupe *Sylvestris* colonisant les hautes montagnes. Toutefois, notre matériel ne manifeste aucunement avec l'altitude la tendance à la dispersion des cicatrices que SIEWNIAK observe chez *M. mugho*.

De grandes ressemblances existent également avec *M. resinosa*, l'espèce américaine vivant dans le Connecticut sur *P. resinosa* AITON : nombre voisin de cicatrices dorsales (176 à 258) et à peu près le même nombre de pores multiloculaires (43 à 73). Toutefois, les relations sont vraisemblablement plus lointaines, les autres caractères communs étant également partagés avec l'ensemble du groupe.

Il faut s'attendre de même à ce que beaucoup des ressemblances observables chez les mâles se retrouvent aussi chez les autres mâles du groupe : à l'observation des illustrations fournies par BEAN et GODWIN, nous ne trouvons pas de différences marquantes au niveau de la tête et des appendices, à l'échelle où ils sont figurés. La comparaison des antennes n'est guère possible, mais nous retrouvons, semble-t-il, la faible pilosité de la base du 3^e article ; il se peut cependant que des caractères discriminatifs existent sur d'autres articles. L'écusson caudal possède un petit nombre de grosses glandes cirières tubulaires. Les illustrations de la L. 1 et la L. 2 ne font pas ressortir de différences notables. Toutefois, chez l'espèce américaine, la mue de la L. 2 ne s'effectue pas par une déhiscence régulière en 5 valves mais par une rupture irrégulière.

CONCLUSION

L'examen de notre matériel, que nous avons attribué à *M. pini*, montre d'étroites relations entre cette espèce et *M. insignis*. Il semblerait qu'il existe en réalité une espèce collective à vaste répartition à l'intérieur de laquelle se distinguent différentes sous-espèces ou « espèces » plus ou moins incomplètement séparées, dont le processus d'isolement serait encore en cours. Cette espèce collective comprendrait *M. pini* parthénogénétique en Angleterre, *M. pini* sexué sur le continent, sa variété méridionale trouvée dans le Sud-Est de la France identique vraisemblablement à celle d'Espagne, et *M. insignis* dont l'aire serait fragmentée, limitée aux régions septentrionales et aux localités d'altitude.

Quant aux relations exactes entre ces différents biotypes, explicables par l'histoire du groupe, nous ne pouvons faire que des suppositions. En toute logique,

la variété parthénogénétique de *M. pini* s'est obligatoirement isolée à partir d'une souche sexuée ; le processus est vraisemblablement très récent, et la variété existant sur le continent en est très proche. Les variétés de *M. pini* présentent des adaptations climatiques différentes. On peut penser que les biotypes des zones froides sont de différenciation récente, contemporaines des grands courants ayant affecté la flore et la faune lors des périodes glaciaires du quaternaire ; leur aire actuelle serait le résultat d'une migration vers le Nord et en altitude. La variété méridionale serait, quant à elle, proche de la souche commune, c'est-à-dire une relictte tertiaire, repoussée encore plus au Sud pendant les glaciations, avant d'occuper sa localisation actuelle. Notons à l'appui de cette opinion que la forme du pin Sylvestre poussant dans ces régions, et hôte habituel de la cochenille, est considérée par MIROV (*The Genus Pinus*, 1967) comme une relictte tertiaire.

Nous serions ainsi conduit à penser qu'à partir d'une souche tertiaire de climat chaud possédant un nombre élevé de pores multiloculaires et de cicatrices dorsales, se seraient différenciées des formes de climat froid plus pauvres en pores. La situation méridionale et l'altitude du Mont Ventoux seraient des facteurs ayant favorisé localement la coexistence à faible distance de biotypes différents et pourraient constituer des éléments expliquant l'existence de morphotypes intermédiaires.

Reçu pour publication en mars 1976.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce à une bourse de stage de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique que je remercie ici (Contrats N^{os} 68-01-283 et 72-7-0219).

Je remercie Monsieur GRISON, Directeur de Recherches à l'I.N.R.A., Monsieur SCHVESTER, Directeur de la Station de Recherches Forestières d'Avignon et M. RIOM, Chargé de Recherches, pour l'aide qu'ils m'ont apportée à l'accomplissement de ce travail.

SUMMARY

MATSUCOCCUS PINI GREEN (1925) (HOMOPTERA, MARGARODIDAE)

IN SOUTH EASTERN FRANCE INTRASPECIFIC VARIATIONS.

COMPARISON WITH THE MORE RELATED SPECIES

Matsucoccus pini (GREEN) in south eastern France is slightly different from english type. We describe every stage of its development, different female morphologic types (from low and high elevations) and adult male.

Matsucoccus pini belongs to a very homogeneous group of *Matsucoccus* species living on Pines of the Section *Sylvestris*. A transition is observed over our insects from *M. pini* to *M. insignis* BORCHS. according to elevation in « Mont Ventoux ».

We refer all our *Matsucoccus* scale insects stock (from both low and high altitude) to *M. pini*. So, *Matsucoccus insignis* could be a northern subspecies, the distribution area of which extends southwards, being discontinuous and restricted to high elevation sites.

M. pini should be worded as a widespread « large species » susceptible of geographic variations (Russia, England, Poland, France, Spain).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AVIDOV Z., HARPAZ I., 1969. *Matsucoccus josephi* BODENHEIMER and HARPAZ Israel pine *Matsucoccus*, in : *Plant pests of Israel*. Israel Univ. Press, 144-148.
- BALACHOWSKY A., 1942. Essai sur la Classification des Cochenilles (*Homoptera. Coccoidea*). *Ann. Écol. Natl. Agr. Grignon*. (Sér. 3), **3**, 34-48.
- BEAN J. L., 1971. Red pine scale. U. S. Dept. Agr., Forest service. *Forest Pest Leaflet*, **10**, 6 p.
- BEAN J. L., GODWIN P. A., 1955. Description and bionomics of a new red pine scale, *Matsucoccus resinosae*. *Forest Sci.*, **1** (2), 164-176.
- BEARDSLEY J. W., 1962. Descriptions and notes on male mealybugs (*Homoptera : Pseudococcidae*). *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.*, **18** (1), 81-98.
- BEARDSLEY J. W., 1968. External morphology of the adult male of *Matsucoccus bisetosus*. *Ann. Ent. Soc. America*, **61** (6), 1449-1459.
- BEARDSLEY J. W., 1969. A new fossil scale Insect (*Homoptera = Coccoidea*) from canadian amber. *Psyché*, **76** (3), 270-279.
- BELLIO G., 1929. Sulla Variabilita di alcuni carateri in *Leucaspis riccae* TARG. (*Hemiptera : Coccidae*). *Boll. Lab. Zool. Gen. Agr. Portici*, **22**, 148-158.
- BODENHEIMER F. S., HARPAZ I., 1955. Description of various stages of *Matsucoccus josephi* n. sp. in F. S. BODENHEIMER and S. NEUMARK : The Israel pine *Matsucoccus*, Kiryath sepher Ltd., Jerusalem, 12-21.
- BODENHEIMER F. S., NEUMARK S., 1955. The Israel pine *Matsucoccus* (*Matsucoccus josephi* n. sp.), Kiryath Sepher Ltd., Jerusalem, 122 p.
- BORATYNSKI K. L., 1951. On the biology of some british *Coccoidea*. *Proc. Roy. Ent. Soc. Lond. (A)*, **26**; pts. 4-6, 43-44.
- BORATYNSKI K. L., 1952. *Matsucoccus pini* (GREEN, 1925) (*Homoptera, Coccoidea : Margarodidae*) : bionomics and external anatomy with reference to the variability of some taxonomic characters. *Trans. Royal Entomol. Soc., London*, **103** (9), 285-286, 4 pls.
- BORATYNSKI K. L., 1952. Observations on *Matsucoccus pini* GREEN and a species of *Matsucoccus* CKLL from Russia (*Homop. Coccoid. Margarodidae*). *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **12**, 507-508.
- BORATYNSKY K. L., 1955. *Coccoidea* (Hem., *Homoptera*) from the Austrian Tyrol. *Ent. Mon. Mag.*, **71**, 66-67.
- BORATYNSKI K. L., 1959. *Matsucoccus pini* (GREEN) in Norfolk. *Ent. Mon. Mag.*, **95** (1145), 240.
- BORCHSENIUS N. S., 1955. Novye vidy cervcov sem. *Margarodidae* fauny SSSR (*Homoptera Coccoidea*). Nouvelles espèces de cochenilles de la famille des *Margarodidae* pour la faune de l'U. R. S. S. (*Homoptera Coccoidea*). *Entomol. oboz.*, **34**, 222-226.
- CADAHIA D., 1971. *Matsucoccus pini* (GREEN) (*Homoptera, Margarodidae*). Su descripcion y bionomia en España. *Bol. serv. Plagas For.*, **27**, 81-91.
- CADAHIA D., MONTAÑA R., 1967. *Matsucoccus feytaudi* DUC., un peligroso enemigo para *Pinus pinaster* SOL. en España. *Bol. Serv. Plagas For.*, **20**, 95-102.
- CADAHIA D., MONTAÑA R., 1968. Prospeccion de *Matsucoccus feytaudi* DUC. y *Matsucoccus pini* GREEN (*Homoptera, Margarodidae*) en la mitad norte de Espana. *Bol. Serv. Plagas For.*, **22**, 133-134.
- CARLE P., 1968. Le dépérissement du Pin Maritime dans le Var. Épidémiologie, symptomatologie, cause primaire. *Rev. For. Fr.*, **3**, 185-203.
- CARLE P., RIOM J., SCHVESTER D., 1970. Le dépérissement du Pin Maritime dans le Var. État actuel du problème. *Rev. For. Fr.*, **22**, n° spécial « La lutte biologique en forêt ».
- CHEN F. G., 1937. Four new Coccids from Chekiang. *Entomol. phythopath.*, **5** (19), 382-388.
- COCKERELL T. D. A., 1909. The japanese *Coccidae*. *Can. Entomol.*, **41**, 55-56.
- CONNOLLA D. P., 1961. *Matsucoccus* scale (*M. Resinosae*) in New York. *Soc. Amer. For.*, **18** (3), 2-3.
- DOANE C. C., 1959. The red pine scale. *Conn. Agr. Exp. St., New-Haven, Circular* 207, 7 p.
- DOANE C. C., 1965. The red pine scale. *Conn. Agr. Exp. St., Circ.* 207 (revised), 7 p.
- DUCASSE G., 1941. Notes sur *Matsucoccus feytaudi* sp. n. (*Homopt., Coccidae*). *Rev. Fran. Ent.*, **8**, 217-225.
- DUDA E. J., 1961. Some aspects of the biology and Ecology of the red pine scale, *Matsucoccus resinosae* B. and G. Doctoral Dissertation, Univ. Massachussets.
- DUDA E. J., 1962. The Genus *Matsucoccus* with special reference to *Matsucoccus resinosae*. *Sci. Tree Topics*, **11** (9), 1-10.
- EZZAT Y. M., 1956. The thoracic sclerotization of Coccid adult males as a promising taxonomic charater (*Coccoidea*). *Bull. Soc. Entomol. Égypte*, **40**, 357-363.
- FERRIS G. F., 1941. Contributions to the knowledge of the *Coccoidea* (*Homoptera*) IX. (Contribution n° 24). A forgotten genus of the family *Margarodidae* from Baltic amber. *Microentomology*, **6**, 6-10.
- FERRIS G. F., 1950. Report on scale insects collected en China. *Microentomology*, **15**, 11-12.

- GHAURI M. S. K., 1962. The morphology and taxonomy of male scale insects. (*Homoptera : Coccoidea*). *Brit. Mus. (Nat. Hist.)*, London, 221 p.
- GILLOMEE J. J., 1961. Morphological and taxonomic studies on the males of three species of the genus *Pseudococcus* (*Hemiptera : Coccoidea*). *Ann. Univ. Stellenbosch*, **36** (6), 241-296.
- GILLOMEE J. H., 1967. Morphology and taxonomy of adult males of the family *Coccidae* (*Homoptera : Coccoidea*). *Brit. Mus. (Natur. Hist.) Bull. Entomol. Suppl.*, **7**, 168 p.
- GREEN E. E., 1925. Observations on british *Coccidae* IX. *Entomol. Mon. Mag.*, **61**, 34-35.
- GREEN E. E., 1926. Observations on british *Coccidae* IX. *Entomol. Mon. Mag.*, **62**, 157-167.
- GREEN E. E., 1926. Observations on british *Coccidae* X. *Entomol. Mon. Mag.*, **62**, p. 172.
- HABIB A., 1956. The male *Eulecanium corni* BOUCHE. *Bull. Soc. Entomol. Égypte*, **40**, 119-126.
- HARPAZ J., 1955. *Matsucoccus josephi* an Israel pine pest. *Hassadeh*, **35**, 752.
- HARTZEEL A., 1957. Red pine scale with special reference to its hosts plants and Coldhardiness. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **18** (10), 421-428.
- HERBERT F. B., 1919. A new species of *Matsucoccus* from pines in California (*Hemipt. Homoptera*). *Proc. Entomol. Soc. Wash.*, **21**, 157-161.
- HERBERT F. B., 1921. The genus *Matsucoccus* with a new species. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* **23** 15-22.
- JANCKE G. D. 1955. Zur Morphologie der männlichen *Coccidae*. *Z. angew. Entom.*, **37**, 265-314.
- KAWECKI Z., 1964. The importance of the degree of reduction in male wing apparatus for studies of the phylogenesis of scale insects (*Homoptera, Coccoidea*). *Zool. pol.*, **14**, 205-211.
- KIRICENKO E. N., 1940. Tret'e soobschenie o faune Kokcid (*Coccoidea*). (Troisième contribution à la faune des Coccides (*Coccoidea*). *Tr. zool. Inst. Acad. Nauk SSSR*, **6**, 115-137.
- KOTEJA J., ZAK-OGAZA B., 1972. Morphology and taxonomy of the male *Kermes quercus* (L.) (*Homoptera, Coccoidea*). *Acta Zool. Cracov.*, **17** (8), 193-216.
- KUWANA S. I., 1907. *Coccidae* of Japan. *Bull. imp. Cent. Agric. Exp. Stn. Japan*, **1**, 209-213.
- MATSUDA R., 1965. Morphology and Evolution of the insect head. *Mem. Amer. Entomol. Inst.*, **4**, 344 p.
- MATSUDA R., 1970. Morphology and evolution of the Insect thorax. *Mem. Entom. Soc. Can.*, **76**, 431 p.
- McCAMBRIDGE W. W., PIERCE D. A., 1964. Observations on the life history of the pinyon needle scale *Matsucoccus acaplyptus* (*Homop. Coccoidea, Margarodidae*). *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **57** (2), 197-300.
- McKENZIE H. L., 1941. A new species of *Matsucoccus* attacking pinyon pine in California (*Homoptera, Coccoidea, Margarodidae*). *Microentomology*, **4**, 2-5.
- McKENZIE H. L., 1942. Seasonal life history of the Margarodid scale, *Matsucoccus bisetosus* MORRISON, occurring on ponderosa and Jeffrey pines in California (*Homoptera, Coccoidea, Margarodidae*). *Microentomology*, **7**, 19-24.
- McKENZIE H. L., 1943. The seasonal history of *Matsucoccus vexillorum* MORRISON (*Homoptera, Coccoidea, Margarodidae*). *Microentomology*, **8**, 16-20, 42-52.
- McKENZIE, H. L. 1943. Notes on *Matsucoccus vexillorum* MORRISON (*Homoptera : Coccoidea : Margarodidae*). *Microentomology*, **8**, 53-57.
- MORRISON H., 1927. Description of new genera and species belonging to the Coccid family *Margarodidae*. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, **40**, 99-109.
- MORRISON H., 1928. A Classification of the higher groups and genera of the Coccid family *Margarodidae*. *U. S. Dep. Agr. Tech. Bull.*, **52**, 240 p.
- MORRISON H., 1939. Description of new species of *Matsucoccus* (*Hemiptera, Coccoidea*). *Proc. Ent. Soc. Wash.*, **42**, 1-20.
- MORRISON H., RENK A. V., 1957. A selected bibliography of the Coccoidea. *U. S. Dept. Agric., Agric. Res. Serv. Misc. Publ.*, **734**, 222 p.
- PARR T. J., 1939. *Matsucoccus* sp. a scale insect injurious to certain pines in the Northeast (*Hemiptera, Homoptera*). *J. Econ. Entomol.*, **32**, 624-630.
- PESSON P., 1941. Description du mâle de *Pulvinaria mesembryanthemi* VALLOT et observations biologiques sur cette espèce. *Ann. Soc. Amer.*, **2**, 101-135.
- PESSON P., 1944. Contribution à l'étude morphologique et fonctionnelle de la tête, de l'appareil buccal et du tube digestif des femelles de Coccides. *Monogr. Stn. Rech. Agron. Thèse*, Paris, 266 p.
- PESSON P., BIENEN I., 1966. *Gigantococcus* nouveau genre de Cochenille *Margarodidae* pour *Iceria maxima* NEWSTEAD 1914 = *Iceria corticalis* VAYSSIÈRE 1926. Redescription de l'espèce africaine *Gigantococcus maximus* (NEWSTEAD). *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N-S.)*, **2** (1), 219-251.
- QUINTANA F. J., 1956. Description del macho de « *Pulvinaria flavescens* » BRETHES (*Homoptera* STERN.). *Rev. Fac. Agron. La Plata*, **32**, 75-110.
- RICHARDS W. R., 1960. A new species of *Matsucoccus* COCKERELL (*Homoptera : Coccoidea*). *Can. Entomol.*, **92**, 179-181.
- RIOM J., 1971. Bioécologie de *Matsucoccus feytaudi* DUC. Rés. Comm. XV^e Cong. IUFRO 14-20 mars 1971. Floride USA. 1 p. Floride USA., 1 p.
- RIOM J., GERBINOT B., BOULBRIA A., FABRE J. P., 1971. Éléments de la bioécologie de *Matsucoccus*

- feytaudi* DUC. et de ses prédateurs dans le Sud-Est et le Sud-Ouest de la France. *Ann. Zool. Écol. Anim.*, n° H. S., 153-176.
- SCHVESTER D., 1967. Observations générales sur le dépérissement du Pin maritime dans les Maures, *Rev. For. Fr.*, **6**, 374-384.
- SCHVESTER D., 1971. *Matsucoccus feytaudi* DUC. et le « Dépérissement du Pin maritime ». — « Lutte biologique en forêt ». *Ann. Zool. Écol. Anim.*, n° H. S., 139-151.
- SEGUY E., 1959. Introduction à l'étude morphologique de l'aile des Insectes. *Mem. Mus. Nat. Hist. Nat.*, Paris **21** (A), 248 p.
- SHORTHOUSE J. D., 1972. An emergence Technique for small insects. *Can. Entomol.*, **104** (9), 1331-1332.
- SIEWNIAK M., 1969. Über eine Schildlaus des Gattungs *Matsucoccus* als neuer, weitverbreiteter Schadfaktor der sog. « Kiefersterberns ». *Arch. Forstwiss.*, **18** (9-10), 1043-1047.
- SIEWNIAK M., 1970. *Matsucoccus mugo*, n. sp. (Homoptera, Coccoidea : Margarodidae). *Entomol. Nachrichten*, **11** (17), 167-172.
- SIEWNIAK M., 1971. Damage done to scots pine (*Pinus silvestris*) by *Matsucoccus pini* GREEN 1925 (Margarodidae, Coccoidea). *Sylvan*, **95** (12), 35-41.
- SIEWNIAK M., 1972. The need to take into account the feed-back phenomenon in entomological studies of the parasite-host system. *Wiad. Ekol.*, **18** (1), 29-37.
- TAKETANI A., 1972. Studies on a Margarodid scale, *Matsucoccus matsumurae* (KUWANA) (Hemiptera : Coccoidea). *Bull. Governm. For. Exp. Stn. Meguro, Japan*, **246**, 1-9.
- THERON J. G., 1958. Comparative studies on the morphology of male scale insects (Hemiptera : Coccoidea). *Ann. Univ. Stellenbosh*, **34** (Sec A), 71 p.
- THERON J. G., 1962. Structure and relationships of the male of *Phenacoleachia zealandica* (MASKELL) (Hemiptera : Coccoidea). *Proc. R. Entomol. Soc. Lond.*, **37** (Sér. A), 145-153.
- TREMBLAY E., 1958. Sviluppo embrionale degli stiletto boccali dei Coccidae Diaspini (*Diaspis pentagona* TARG.). *Boll. Lab. Entomol. Agri. Portici*, **16**, 171-224.
- WATSON W. Y., UNDERWOOD G. R., REID J., 1960. Notes on *Matsucoccus macrocitrices* RICHARDS (Homoptera, Margarodidae) and its association with *Septobasidium pinicola* SNELL in Eastern Canada. *Can. Entomol.*, **92**, 662-667.

PLANCHE I

FIG. 1

Schéma du développement de *M. pini*
 (L. 1 : Larve de premier stade ; L. 2 : larve de deuxième stade)

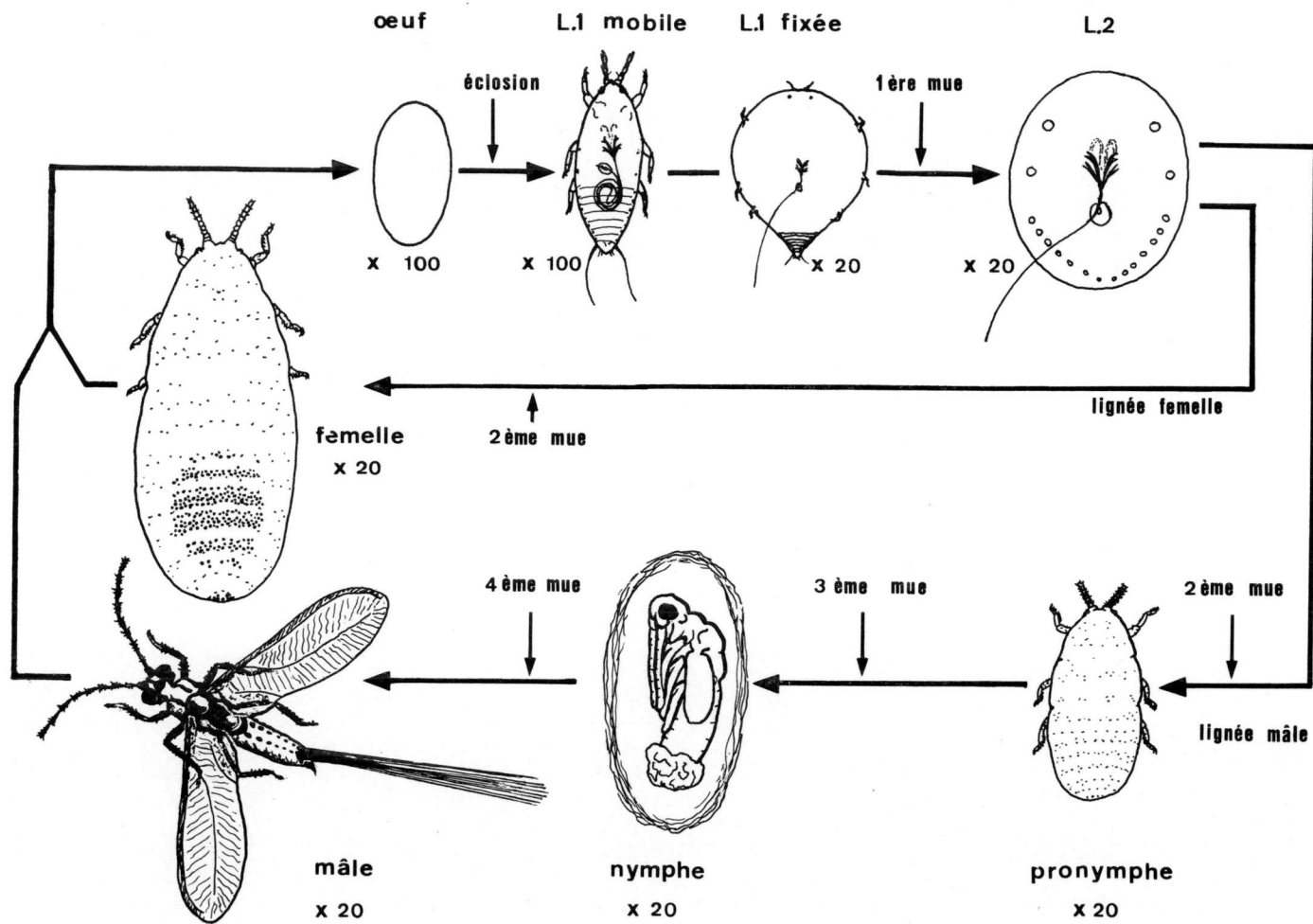
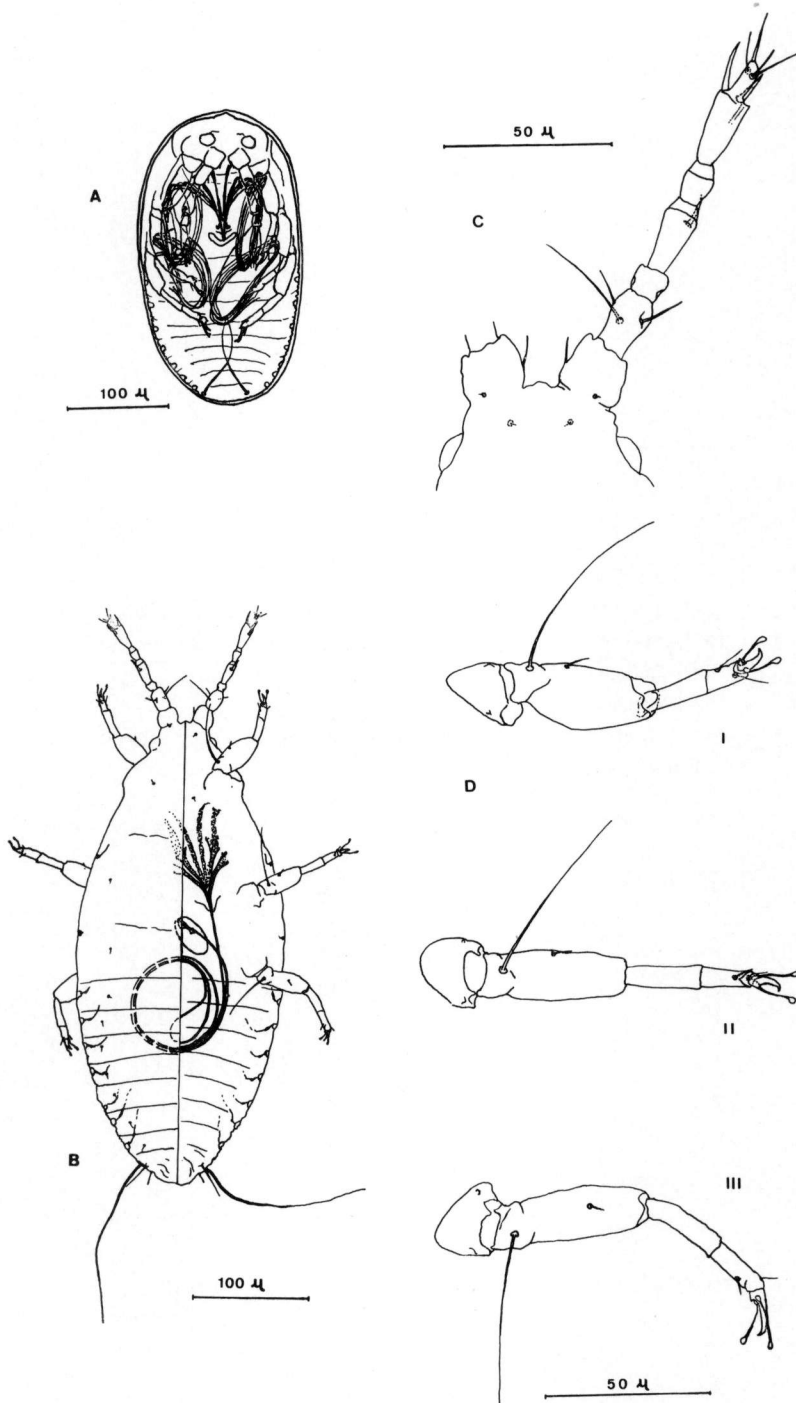


PLANCHE II

FIG. 2

- A Œuf peu avant l'éclosion
- B Larve de premier stade (L. I) mobile
- C Tête de la L. I mobile
- D I ; II ; III : Pattes pro-, méso-, et métathoracique de la L. I mobile



R. RIEUX

PLANCHE III

FIG. 3

- A Larve de premier stade (L. 1) fixée, en fin de croissance
- B Larve de deuxième stade (L. 2) dans l'exuvie déchirée de la L. 1
- C L. 2
- D L. 2 en fin de croissance montrant le tracé des futures fentes ecdysiales

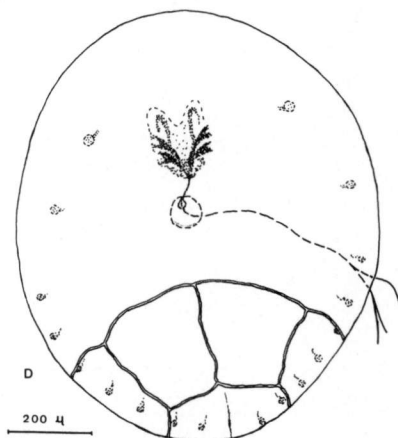
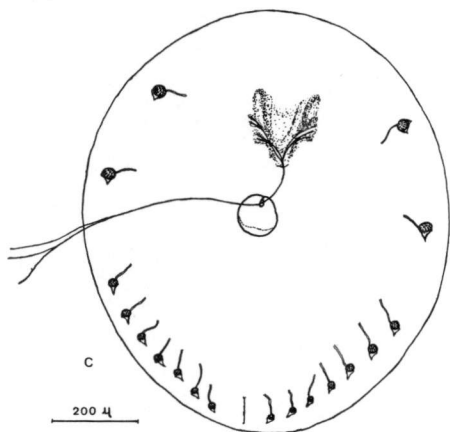
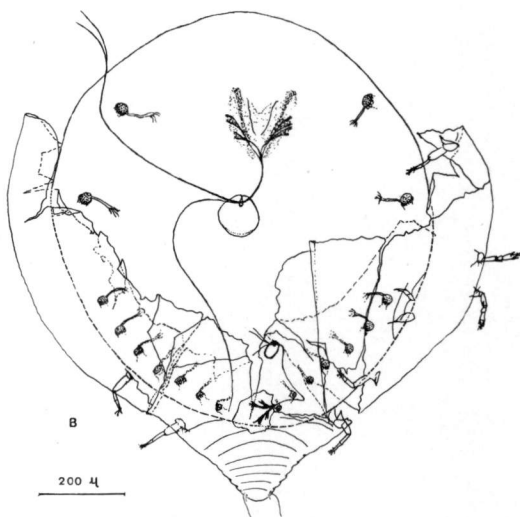
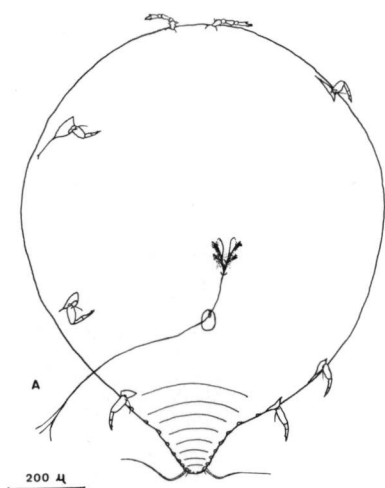


PLANCHE IV

FIG. 4

A Femelle

B Tête et avant-corps de la femelle

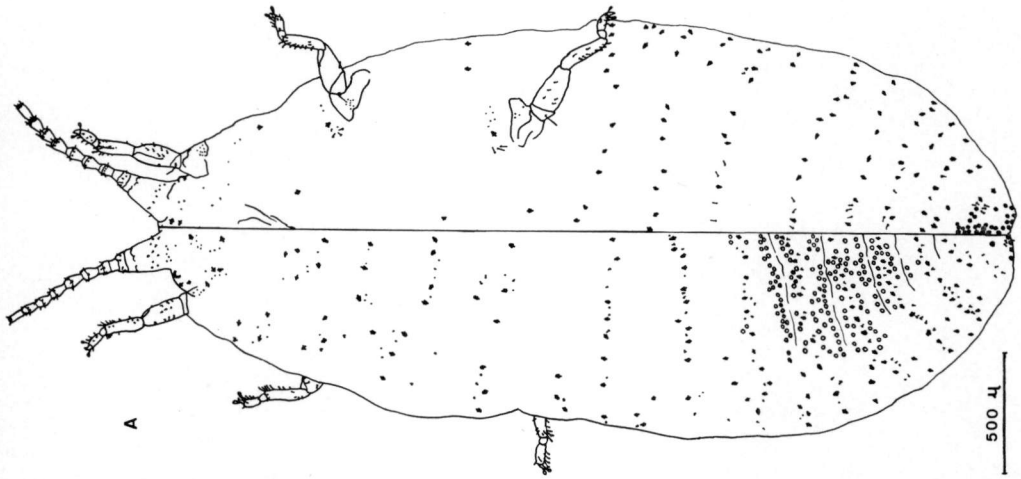


PLANCHE V

FIG. 5

Nombre et disposition des cicatrices dorsales et des pores multiloculaires chez quelques exemplaires de *Malsucoccus* parmi différents morphotypes rencontrés au Mont Ventoux

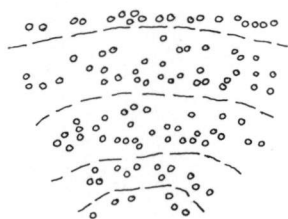
A 1 700 m d'altitude

B 1 400 m d'altitude

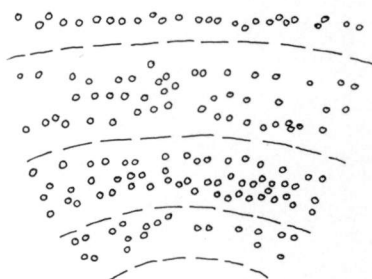
C Perrache 1 100 m d'altitude

D Le Portail Saint-Jean 500 m d'altitude

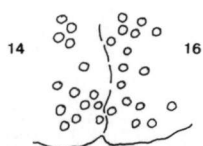
(C.D. : cicatrices dorsales ; P.M. : pores multiloculaires)



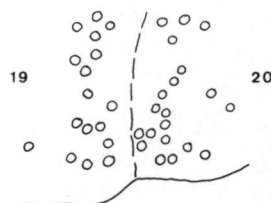
105 C.D.



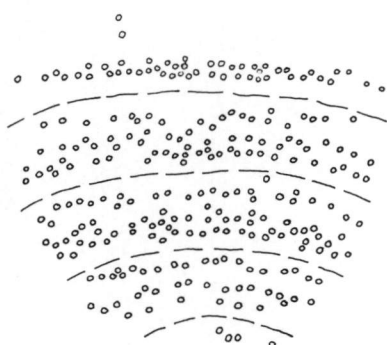
150 C.D.



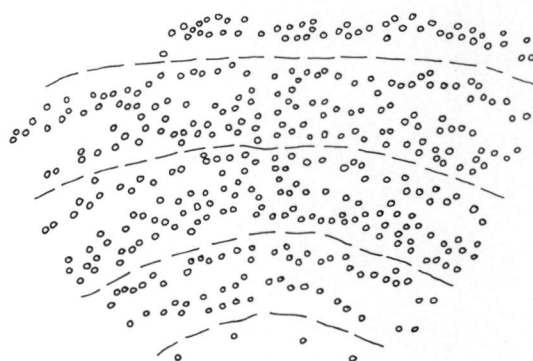
30 P.M.



39 P.M.



256 C.D.



368 C.D.



42 P.M.



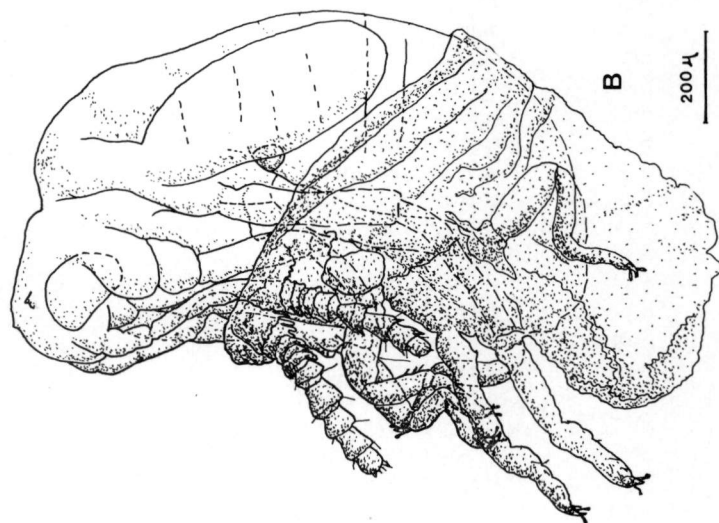
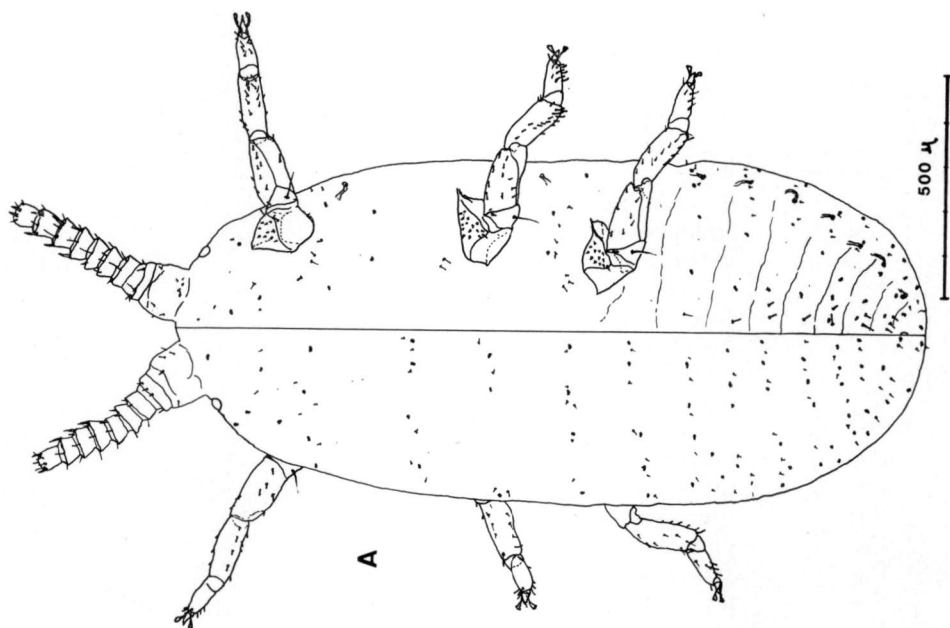
55 P.M.

PLANCHE VI

FIG. 6

A Pronymphe

B Mue de la pronymphe et de la nymphe



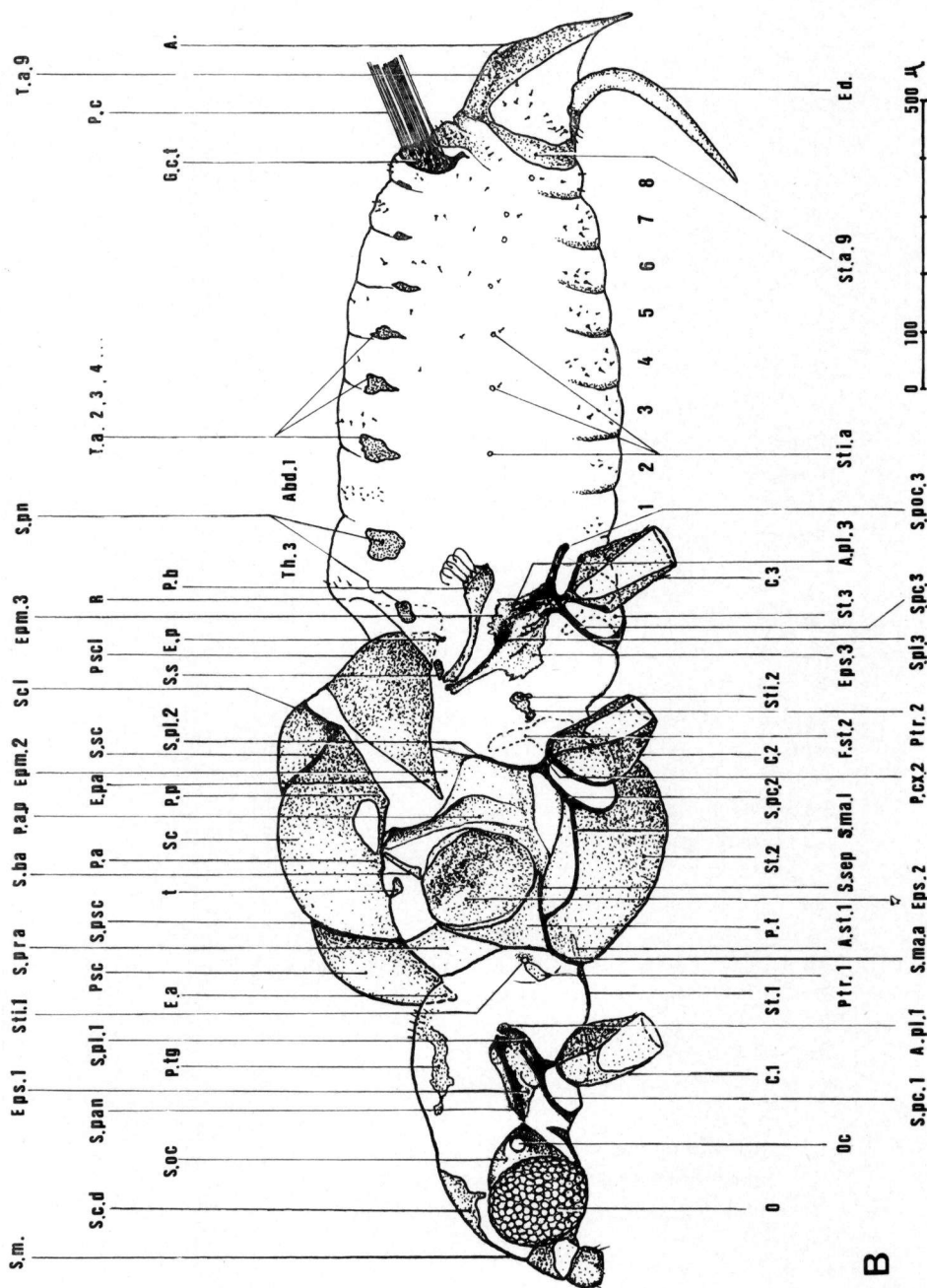
R. RIEUX

PLANCHE VII

FIG. 7 B

Corps du mâle, vue latérale

- A : anus
 Abd.1 : 1^{er} segment abdominal
 Ast.1 : apophyse prosternale
 C.1, C.2, C.3 : coxa pro-, méso-, méta-thoracique
 Ed. : édéage
 E.a. : endophragme antérieur
 E.p. : endophragme postérieur
 E.pa. : expansion post-alaire
 Epm.2, 3 : épimère méso-, méta-thoracique
 Eps.1, 2, 3 : épisternite pro-, méso-, méta-thoracique
 F.st.2 : furca mésosternale
 G.c.t. : glandes cirières tubulaires
 O : œil
 Oc. : ocelle
 P.a. : processus notal antérieur
 P.a.p. : processus alaire pleural
 P.b. : pseudobalancier
 P.c. : pinceau caudal
 P.p. : processus notal postérieur
 P.sc. : prescutum
 P.scl. : postscutellum
 Pt. : plaque triangulaire
 Ptg. : posttergite
 Ptr.1, 2 : sclérite du péritrème du stigmate pro-, méso- thoracique
 R : repli membraneux du métathorax
 S.b. : sclérite basalaire
 Sc. : scutum
 S.c.d. : sclérite céphalique dorsal
 Scl. : scutellum
 S.m. : suture médiane (= sillon mésocrânial)
 S.oc. : sclérite oculaire
 S.pan. : suture paranotale
 S.pc.1, 2, 3 : suture précoxale pro-, méso-, méta-thoracique
 S.pl.1, 2, 3 : suture pro-, méso-, méta-pleurale
 S.pn. : sclérites postnotaux métathoraciques
 S.poc.3 : suture postcoxale métathoracique
 S.pra. : sclérite préalaire
 S.psc. : suture préscutale
 S.sc. : suture scutoscutellaire
 St.1, 2, 3 : pro-, méso-, méta-sternite
 St.a.9 : 9^e sternite abdominal
 Sti.a. : stigmates abdominaux
 Sti.1, 2 : stigmate pro-, méso-thoracique
 t : tegula
 T.a.2, 3, 4 ... T.a. 9 : tergites des segments abdominaux 2 à 9
 Th.3 : métathorax
 1, 2, ... 8. : segments abdominaux 1 à 8 (prégénitaux).



R. RIEUX

PLANCHE VIII

FIG. 8

A Tête

A 1, vue dorsale

A 2, vue ventrale

- O.b. : orifice buccal
- Oc. : ocelle
- Œ. : œil
- p. : pédicelle
- p.m.v. : plaque médioventrale
- p.por. : plaque post-orale
- p.t.a. : points tentoriaux antérieurs
- ptg. : posttergites
- p.t.p. : points tentoriaux postérieurs
- p.v. : plaque ventrale
- s. : sensoria
- s.b. : suture basale
- Sc. : scape
- S.c.d. : sclérite céphalique dorsal
- S.m. : sillon mésocrânial (= suture médiane)
- S.oc. : sclérite oculaire
- S.p.o. : sillon préoral

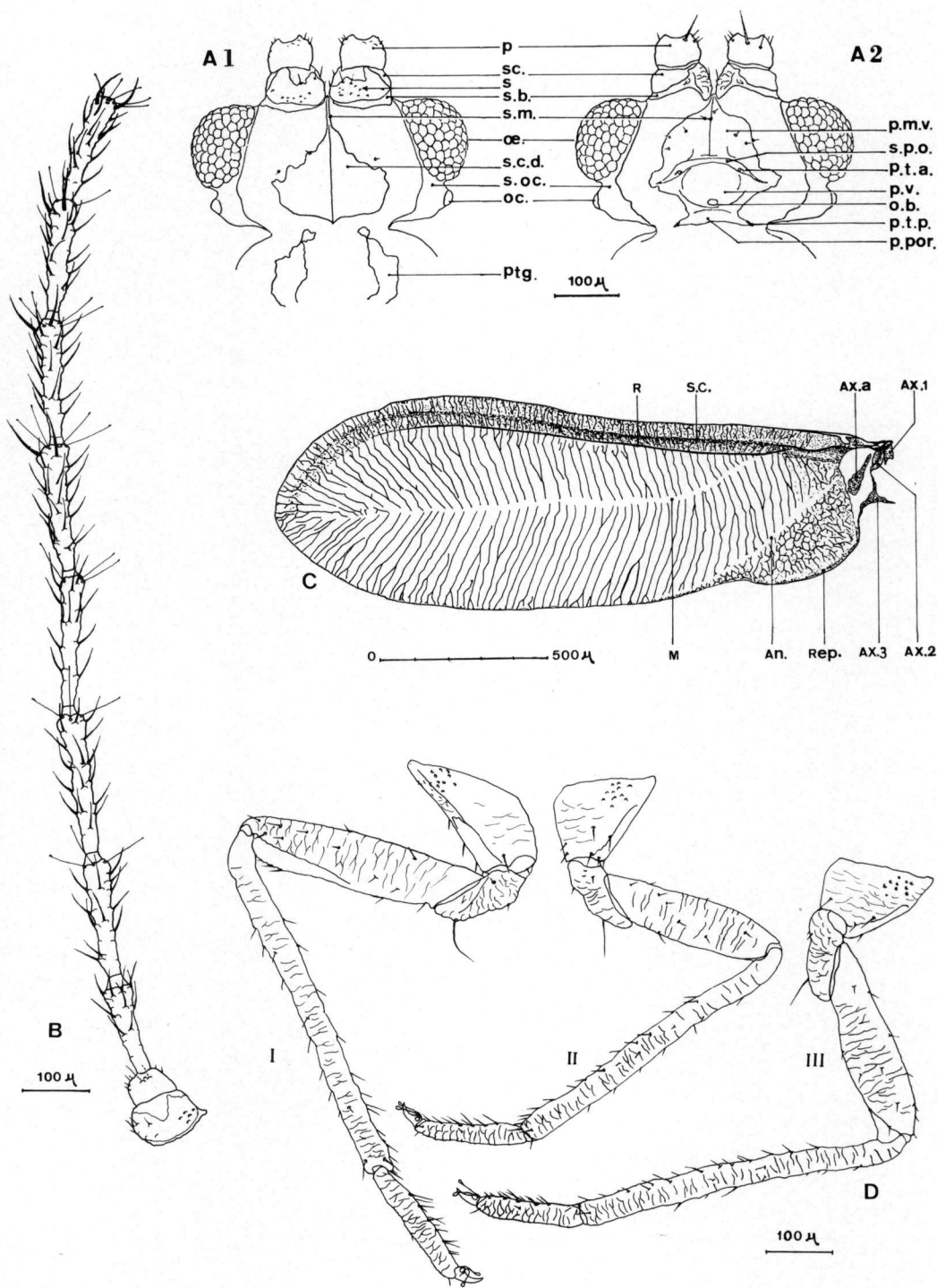
B Antenne.

C Aile.

- An. : nervure anale
- Ax.I, 2, 3 : sclérites axillaires 1, 2, 3
- Ax.a. : sclérite axillaire auxillaires
- M. : nervure médiane
- R. : nervure radiale
- Rep. : repli
- S.c. : nervure sous-costale

D Pattes.

- I : prothoracique
- II : mésothoracique
- III : métathoracique



R. RIEUX

LES DRYININAE DU SUD DE LA FRANCE
(HYM., DRYININAE).
NOTES TAXONOMIQUES ET BIOLOGIQUES ;
DESCRIPTION DE DEUX NOUVEAUX GENRES

H. ABDUL-NOUR

Institut de Recherches agronomiques,
Laboratoire d'Entomologie,
Fanar (Liban)

RÉSUMÉ

Des données biologiques et taxinomiques sont fournies sur les espèces suivantes : *Neogonatopoides* n. g. *claudiae* n. sp., *Pterogonatus* n. g. *hortusensis* n. sp., *Gonatopus sepsoides* (développement larvaire, description du mâle, *Neogonatopus lunatus* KLUG., *Neogonatopus distinguendus* KIEFFER, *Neogonatopus glaber* KIEFFER, *Pseudonogonatopus separatus* RICHARDS, *Richardsi-dryinus corsicus* MARSHALL et *Bocchus europaea* BERNARD.

INTRODUCTION

Un récent travail sur les parasites d'Homoptères Auchenorrhynques dans la région languedocienne ⁽¹⁾ m'ayant permis de découvrir deux nouveaux genres de Dryinides, ainsi que d'obtenir de nombreux renseignements concernant la biologie de plusieurs espèces, j'ai regroupé ici les résultats de ces recherches.

Peu de travaux ont été effectués en France sur ces parasites, notamment par L. BERLAND (1925), F. BERNARD (1932), J. J. KIEFFER (1904 et 1914), H. MANEVAL (1935), F. PICARD (1932).

Je tiens à remercier tout particulièrement le Professeur O. W. RICHARDS (British Museum, Londres) dont l'aide m'a été précieuse, notamment en ce qui concerne la partie taxinomique.

⁽¹⁾ Thèse de Doctorat ès-Sciences soutenue le 18 décembre 1971 à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc (Montpellier).

I. — GONATOPODINI

I. — *Gonatopus sepsoides* WESTWOOD

Hôtes : <i>Adarrus taurus</i> RIBAUT	}	<i>Jassidae</i>
<i>Adarrus geniculatus</i> RIBAUT		
<i>Araldus propinquus</i> FIEB.		
<i>Arocephalus sagittarius</i> RIBAUT		
<i>Euscelis plebejus</i> FALL.		
<i>Goideus harpago</i> RIBAUT		
<i>Jassargus obtusivalvis</i> KBM.		
<i>Psammotettix notatus</i> MEL.		
<i>Psammotettix putoni</i> THEN.		
<i>Psammotettix striatus</i> RIBAUT		
<i>Rhopalopyx elongatus</i> WGN.		

Redescription par O. W. RICHARDS (1939).

Cette espèce est la plus commune dans la région languedocienne et sa répartition paraît être européenne. Une étude taxinomique effectuée sur 26 spécimens femelles m'a permis de distinguer deux variétés en considérant la pigmentation du mesonotum (tabl. 1) :

a) *Mesonotum roux*.

Disque et collier du pronotum noirs marqués de roux ; fémurs 2 et 3 (sauf extrémité distale) brunâtres ; zone orangée frontale ne débordant pas, ou très faiblement, sur le vertex le long des yeux ; hanches antérieures en grande partie brunes à noires ; tibias 2 et 3 brunâtres, hanches 2 et 3 brunes ou à partie distale noire.

b) *Mesonotum noir*.

Disque et collier du pronotum noirs ; fémurs 2 et 3 jaunes à brunâtres ; zone orangée frontale débordant plus ou moins largement sur le vertex ; hanches antérieures jaunes à brunâtres ; tibias jaunes ; hanches 2 et 3 jaunes à brunâtres.

Si la pigmentation du mesonotum représente un critère commode pour différencier des sous-groupes de population chez *Gonatopus sepsoides* WESTWOOD, il n'en demeure pas moins que tous les termes de passage peuvent exister entre les deux variétés mises en évidence. L'étude de la chela est, à cet égard, significative (tabl. 2) : si elle conforte, d'une part, le critère de la pigmentation du mesonotum, elle met en relief certaines exceptions. On constate, en effet, qu'en règle générale les individus à mésonotum roux ont un nombre de lamelles à la chela supérieur au nombre de soies, tandis que chez les spécimens à mésonotum noir, le nombre de lamelles est inférieur ou égal au nombre de soies.

L'existence de termes de transition entre deux variétés ou groupes dans une population de *Gonatopus sepsoides* nous interdit de séparer taxinomiquement ces deux variétés et doit nous amener à considérer que la variabilité de la pigmentation (entre certaines limites), est en corrélation avec des variétés de structure.

TABLEAU I

Caractères de pigmentation de 26 spécimens femelles numérotés de *Gonatopus sepsoides* WESTWOOD

Caractères		N°																										
		19	2	29	58	59	12	57	42	25	54	23	52	53	21	7	8	27	31	34	22	32	39	26	17	38	37	
Mesonotum	roux	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	noir												+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Coxae antérieure	jaune											+	+	+	+	+			+	+					+	+	+	
	brunâtre			+	+	+	+	+										+		+		+	+		+	+	+	
	noir	+	+						+	+	+	+					+				+	+	+					
Coxae 2 et 3	jaune											+	+	+	+	+			+	+					+		+	
	brunâtre			+			+	+										+		+		+				+		
	mi-noir	+	+		+	+			+	+	+						+				+	+	+		+			
Pronotum	noir	+	+									+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	marqué de roux .. collier seul roux ..			+	+	+	+	+		+	+	+		+	+		+											
Zone orangée frontale	déborde largement. faiblement..... ne déborde pas ...				+	+		+				+	+		+	+									+	+	+	
		+	+	+			+		+	+	+						+	+	+	+	+	+	+					
Trochanter antérieur	jaune	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+		+	+	+	+		+	+	+		
	brun									+	+							+					+					
Fémurs 2 et 3	jaune												+	+	+				+	+							+	
	brun	+	+	+	+	+	+					+				+	+			+	+					+		
	noir								+	+	+						+	+			+	+	+		+			

TABLEAU 2

Classement de 25 spécimens femelles numérotés de Gonatopus sepsoides WESTWOOD en fonction du nombre de soies et de lamelles de la chela

A				B				C			
N°	Meso-notum	Lamelles	Soies	N°	Meso-notum	Lamelles	Soies	N°	Meso-notum	Lamelles	Soies
23	R	11	13	53	N	11	11	12	R	13	10
7	N	13	17	27	N	14	14	39	N	15	12
17	N	13	16	21	N	14	14	2	R	17	14
26	N	13	14	37	N	17	17	29	R	17	14
22	N	13	14	32	N	18	18	8	N	19	13
38	N	14	15	42	R	18	18	19	R	19	16
52	N	14	16					54	R	19	16
31	N	15	18					57	R	20	19
59	R	15	17					25	R	21	17
34	N	18	21								

A : nombre de lamelles inférieur au nombre de soies

B : nombre de lamelles égal au nombre de soies

C : nombre de lamelles supérieur au nombre de soies

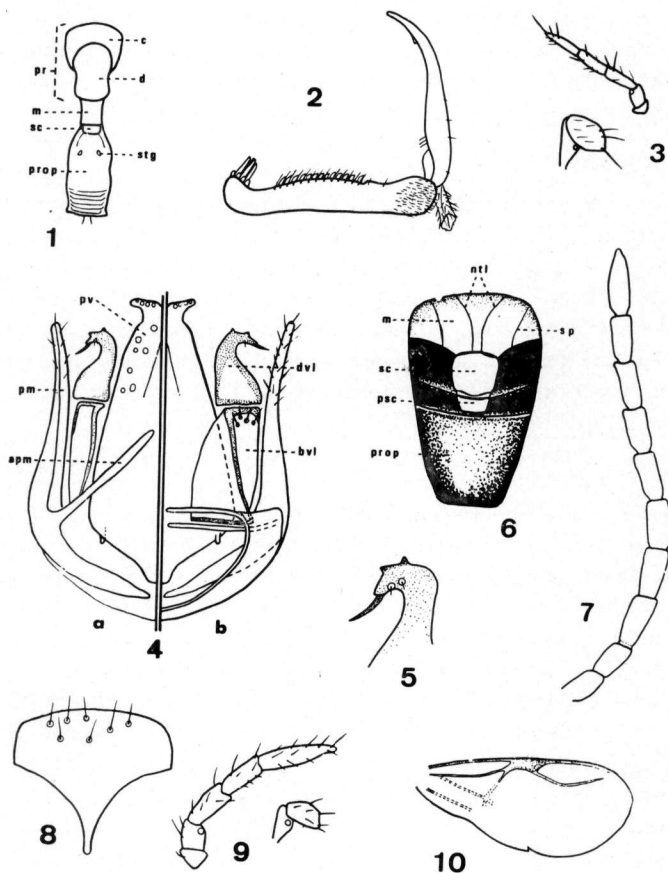
R : mesonotum roux

N : mesonotum noir.

Le mâle de *Gonatopus sepsoides* était resté inconnu jusqu'à présent ; les élevages que j'ai effectués m'en ont livré quelques spécimens.

Description (fig. I, 4 à 10).

Noir, sauf : tarses, extrémité distale des fémurs et palpes buccaux, brunâtres. Palpes maxillaires à cinq articles et palpes labiaux bi-segmentés (comme chez la femelle) (I, 9) ; mandibules tridentées ; segments antennaires dans les proportions suivantes (deux spécimens) : 1-1-1,5-1,4-1,3-1,4-1,3-1,3-1,2-1,8 et 0,9-1-1,5-1,3-1,3-1,3-1,2-1,2-1,2-1,8 ; ocelles disposées en triangle dont l'angle au sommet est obtus ; base/côté = 9/6 (deux spécimens) ; base/ocelle postérieur — œil (POL/OOL) = 9/6 et 9/7 (deux spécimens) ; ocelles postérieurs distants du rebord supérieur de l'occiput d'une distance à peu près égale à leur diamètre. Pronotum invisible en vue dorsale ; mesonotum fortement chagriné, environ deux fois aussi large que long ; notauli convergents, devenant parallèles peu avant d'atteindre le bord supérieur du scutellum (I, 6) ; scutellum réticulé, légèrement plus long que large ; longueur du post-scutellum


 FIG. 1. — *Gonatopus sepsoides* WESTWOOD

- Femelle : 1 : Thorax
 2 : Chela
 3 : Palpes maxillaire et labial
 Mâle : 4 : Genitalia, a : face dorsale ; b : face ventrale
 5 : Distivolsella
 6 : Thorax
 7 : Antenne
 8 : Neuvième sternite abdominal
 9 : Palpes maxillaire et labial
 10 : Aile antérieure

apm : apophyse dorsale des paramères
 bvl : basivolsella
 c : collier du pronotum
 d : disque du pronotum
 dvl : distivolsella
 m : mesonotum
 ntl : notauli
 pm : paramère
 pr : pronotum
 prop : propodeum
 psc : post-scutellum
 pv : valve du pénis
 sc : scutellum
 sp : sillon parapsidal
 stg : stigate

comprise entre la moitié et le tiers de celle du scutellum ; propodeum fortement chagriné ; éperons distals des tibias : 1, 1, 2. Ailes antérieures (I, 10) : hyalines ; costale, sub-costale et nervure radiale toujours bien marquées et brunes ; médiane et nervure anale plus ou moins bien visibles selon les individus.

Pièces génitales (I, 4).

Valves du pénis ne divergeant pas et portant chacune dorsalement 7 à 8 sensoria sur le tiers supérieur (mis à part ceux de l'extrémité distale qui sont au nombre de trois ou quatre) ; l'apophyse dorsale des paramères, prenant naissance vers la base de ceux-ci, est inclinée obliquement sur l'axe longitudinal du pénis ; basivolsella avec quatre soies distales sur la face antérieure ; distivolsella (= digitus) bidentée avec une forte soie prenant naissance immédiatement sous le bec terminal ; dorsalement et en arrière de cette soie terminale se trouvent deux petites soies extrêmement fines (I, 5).

Biologie.

Les premiers adultes de *Gonatopus sepsoides* éclosent vers la fin du mois de mars dans la région languedocienne ; la longévité maximale de l'imago femelle en élevage a été de 15 jours ; la durée du développement larvaire varie de 15 à 20 jours dans les conditions naturelles ; il y a de deux à trois générations par an. De mars à octobre, la durée de la nymphose est très variable de 19 à 61 jours), sans qu'il semble y avoir de corrélation entre celle-ci et les conditions climatiques.

La diapause hivernale a lieu à l'état larvaire, dans un cocon bi-feuilleté. Un cas de diapause estivale a été observé chez un mâle : la larve a formé son cocon le 22 mai ; le 5 juin, l'abdomen est devenu noirâtre et le développement a semblé s'arrêter ; les taches oculaires ne sont apparues que le 1^{er} septembre et l'adulte a éclos le 30 septembre, soit une durée de nymphose de 4 mois et 9 jours.

Le développement larvaire de *G. sepsoides* est semblable à celui, classique, des *Dryininae* en général ; ce dernier a été principalement étudié par R. C. L. PERKINS (1905 et 1906) et F. A. FENTON (1918).

La femelle saisit un Homoptère (larve ou adulte) dans ses chela et le paralyse en lui injectant un venin avec son aiguillon ; l'œuf est inséré sous la cuticule de l'hôte, en général entre deux segments abdominaux ; peu de temps après la ponte (de 30 secondes à quelques minutes), l'hôte reprend son activité et ne paraît pas, le plus souvent, souffrir de l'agression qu'il a subie. La larve néonate reste sous-tégumentaire ; à la première mue, elle s'entoure d'une exuvie qui apparaît à l'extérieur sous la forme d'une hernie de couleur sombre. Il y a cinq stades larvaires ; à chaque mue, la larve secrète une exuvie qui est tout d'abord enveloppée dans l'exuvie de la mue précédente. Sous la pression due à l'augmentation de taille de la larve, l'exuvie externe se rompt en deux feuillets égaux et symétriques par rapport au plan médio-sagittal de la larve, tandis qu'apparaît l'exuvie sous-jacente. La tête de la larve est toujours en contact avec le contenu de l'abdomen de l'hôte, alors que le reste du corps est lové dans la vésicule externe qui porte des stigmates respiratoires. Ainsi, à aucun moment, la larve ne se trouve exposée à l'air libre.

A la fin du quatrième stade (qui correspond à la troisième exuvie visible sur la vésicule externe), la larve, qui jusque-là avait ménagé son hôte, se met à dévorer le contenu de l'abdomen de ce dernier ; l'Homoptère meurt brusquement en restant

souvent fixé sur le support où il se trouvait. La larve a alors atteint sa maturité (cinquième stade) et rompt la vésicule pour devenir libre (fig. 2). Elle cherche immédiatement un endroit propice pour former un cocon, soit sur le sol, soit sur les tiges et les feuilles d'un végétal. Lorsque l'hôte parasité est à un stade larvaire, son développement est définitivement arrêté.

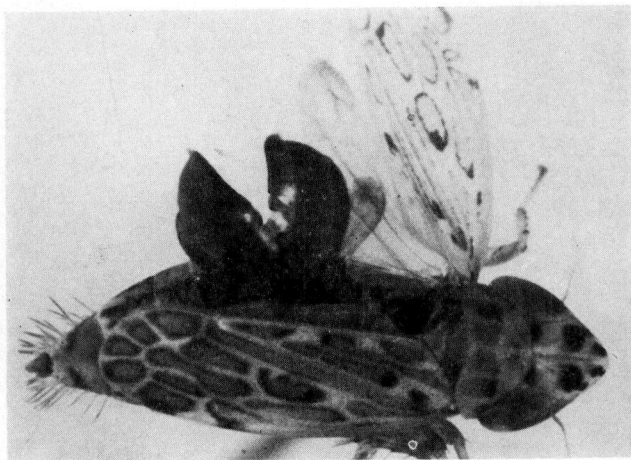


FIG. 2. — Vésicule larvaire de *Gonatopus sepsoides* après la sortie de la larve, sur *Adarrus taurus* RIBAUT (Jassidae)

Le mode de développement larvaire des *Dryininae* (vésicule externe fixée au corps de l'hôte) a fait classer ceux-ci parmi les ectoparasites. Cependant, certaines observations effectuées sur *Gonatopus sepsoides* WESTWOOD remettent en cause ce concept. Une femelle de *G. sepsoides* a été mise en présence de larves saines (au 3^e stade) de *Goldenus harpago* RIBAUT (Jassidae) ; trois larves attaquées ont été isolées et le développement du parasite suivi journellement. Chez deux d'entre elles, la vésicule larvaire s'est formée extérieurement, tandis qu'elle était entièrement interne chez la troisième larve-hôte (fig. 3). Diverses manipulations ont causé la mort de l'hôte ; dans la cavité générale de son abdomen se trouvait une vésicule du 4^e stade contenant une larve du parasite d'apparence normale.

D'autre part, un *Adarrus taurus* RIBAUT (Jassidae) adulte, capturé dans la nature, présentait un abdomen gonflé sans aucune trace de parasitisme ; quatre jours après, il en sortait une larve de Drynide qui s'est nymphosée pour donner une femelle normale de *G. sepsoides*. L'abdomen de l'hôte contenait une vésicule larvaire complète à trois exuvies, avec stigmates. D'autres observations ont montré que cette vésicule ne devenait externe qu'au troisième ou au quatrième stade larvaire.

Ainsi donc, le développement larvaire peut être parfois, topologiquement de type endoparasite. Cela pose le problème de la respiration de la larve dans ce cas très particulier, ainsi que celui de savoir si les relations physiologiques entre l'hôte et le parasite sont du même ordre que si la vésicule était externe.

En ce qui concerne les conditions dans lesquelles la vésicule larvaire devient interne, l'hypothèse suivante peut être avancée : habituellement, l'œuf est inséré immédiatement sous la cuticule de l'hôte ; or j'ai constaté qu'il se trouvait parfois

plus profondément enfoncé dans l'abdomen. C'est lorsqu'il se retrouve au niveau de la cavité générale que la vésicule larvaire du parasite doit se développer de cette façon très particulière.

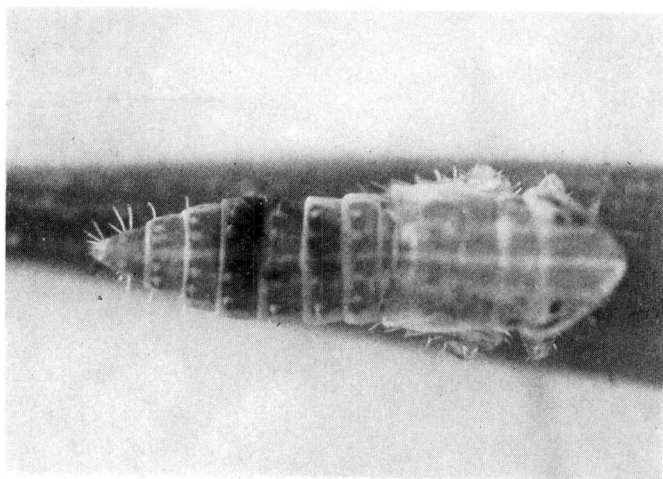


FIG. 3. — Développement interne de la vésicule larvaire de *Gonatopus sepsoides* chez une larve de *Goldeus harpago* RIBAUT (Jassidae)

Observations sur le comportement de la femelle adulte.

Deux types de comportement peuvent être distingués, en fonction de l'état physiologique du parasite. Dans ces deux cas, le Dryinide est préalablement stimulé par la mobilité de l'Homoptère : on observe en effet que lorsque ce dernier reste immobile, le parasite se déplace à proximité sans s'y intéresser ; le processus d'attaque ne se déclenche qu'au premier mouvement, même léger de l'Homoptère (cela a déjà été observé par O. HEIKINHEIMO (1957), M. RAATIKAINEN (1967), chez *Dicondylus linbergi* HEIKINH. (*Dryininae-Gonatopodini*)).

a) *Le parasite n'est pas affamé.*

Il procède à une palpation de l'Homoptère avec ses antennes, ce dernier s'immobilise aussitôt. Deux cas peuvent se présenter : l'Homoptère est susceptible d'être parasité et l'attaque se poursuit comme décrit plus haut, il ne convient pas pour des raisons de spécificité parasitaire et le Dryinide s'en détourne ou il simule une attaque avec réflexe de piqure sans s'en rapprocher et s'en détourne après quelques secondes.

b) *Le parasite est affamé (mis à jeûner 24 heures).*

Le comportement subit quelques modifications ; l'attaque se fait alors le plus souvent sans phase préalable de palpation, sur tout Homoptère ayant stimulé le parasite par sa mobilité. Ce n'est qu'après l'avoir saisi avec ses chela que le Dryinide rejette ou non sa capture, selon sa convenance. Lorsque l'Homoptère lui convient, celui-ci est alors entièrement vidé de son hémolymph et meurt (comportement prédateur du parasite).

Il existe un type intermédiaire de comportement où le parasite se nourrit d'abord

d'hémolymph (après avoir percé la cuticule de l'hôte avec ses mandibules) sans cependant vider l'hôte, puis procède à la ponte. Selon l'importance de la prise de nourriture, l'hôte peut survivre.

2. — *Neogonatopus lunatus* (KLUG)

Hôte : *Adarrus taurus* RIBAUT (*Jassidae*).

Redescription par O. W. RICHARDS (1939), L. MOCZAR (1965).

Un seul spécimen a été obtenu, de Saint-Paul-et-Valmalle (Hérault).

Durée de la nymphose : 29 jours.

3. — *Neogonatopus distinguendus* (KIEFFER)

Hôtes : *Adarrus taurus* RIBAUT
Araldus propinquus KBM.
Rhopalopyx elongatus WGN. } *Jassidae*

Redescription par O. W. RICHARDS (1939), L. MOCZAR (1965).

D'après ces deux auteurs, une partie du vertex, le pronotum, le mesonotum et le propodeum sont noirs. Les quatre spécimens que j'ai récoltés, s'ils correspondent aux autres caractéristiques de l'espèce, ont ces différentes parties presque entièrement jaune-roux avec parfois des taches noirâtres. On a tout lieu de considérer qu'il s'agit d'une variété méridionale (les spécimens déjà décrits sont originaires d'Angleterre et du nord de l'Europe).

Durée de la nymphose (en jours, pour quatre spécimens) : 30 à 36.

4. *Neogonatopus glaber* (KIEFFER)

Hôtes : *Aphrodes bicinctus* SCHRK.
Thamnotettix dilutior KBM. } *Jassidae*

Description par J. J. KIEFFER (1904) sous le nom de *Gonatopus glaber*.

L'holotype de cette espèce, en provenance de la collection Perris ne semble pas avoir été retrouvé. Un autre spécimen, aux antennes mutilées, se trouve dans cette collection et a été décrit par l'auteur qui l'a replacé dans le genre *Neogonatopus* PERKINS (en cours de publication).

Deux adultes femelles ont été obtenus dans la région languedocienne. Je préciserai quelques-unes de leurs caractéristiques, qui compléteront la description de l'unique spécimen se trouvant dans la collection Perris :

Chela : cinquième article du tarse avec la partie rectiligne entièrement occupée par une vingtaine de grandes lamelles (une trentaine chez le spécimen Perris disposées en double rangée et bordées par une quinzaine de soies. Crochet portant cinq soies sur sa face interne, les trois proximales étant très fortes (ce caractère paraît être stable, et se retrouve chez tous les spécimens connus) ; quatre longues soies sur le côté dorsal du crochet (sept chez le spécimen Perris).

Antennes : 1,2-1-2-1,2-1,1-0,9-0,9-0,8-0,7-1,2 et 1,3-1-2-1,2-1-0,9-0,8-0,8-0,7-1,2.

Ocelles disposées en triangle presque équilatéral ; base/côté = $6/7$ et $7/8$ ($6/7$ chez le spécimen Perris) ; base/ocelle postérieur-œil (POL/OOL) = $3/12$ et $3/11$ ($3/13$ chez le spécimen Perris).

Durée de nymphose (en jours, pour deux spécimens) : 73-160.

5. — *Pseudogonatopus separatus* RICHARDS

Hôte : *Ribautodelphax imitans* RIBAUT (*Delphacidae*)

Description par O. W. RICHARDS (1939).

Trois spécimens obtenus de Saint-Paul-et-Valmalle (Hérault). Pour deux d'entre eux, la durée de nymphose estivale a été de 30 et 32 jours ; la larve du troisième spécimen a formé son cocon le 13 septembre et l'adulte a éclôt le 2 juin de l'année suivante, soit une durée de nymphose d'environ neuf mois, y compris la diapause hivernale.

6. — *Neogonatopoides* nov. gen.

Aptère ; mandibules quadridentées ; palpes maxillaires à quatre articles, le premier, vestigial, se présentant sous la forme d'une écaillette accolée au second article (fig. 4, 8) ; palpes labiaux bi-segmentés ; vertex excavé entre les yeux ; dépression transversale du pronotum absente ou très faiblement marquée ; scutellum non défini ; crochet de la chela sans lamelles.

Ce genre est voisin de *Neogonatopus* PERKINS par la formule des palpes et la structure de la chela. Il en diffère par la structure du premier article des palpes maxillaires, l'absence de dépression transversale profonde sur le pronotum et de scutellum bien différencié.

Neogonatopoides claudiae n. sp. (fig. 4, 7 à 10) :

Tête, antennes, pronotum, mesonotum, propodeum et second segment abdominal jaunâtres ; pattes jaunes à hyalines ; pétiole abdominal et abdomen à partir du troisième segment, noirs.

Ocelles formant un triangle presque équilatéral ; base/côté = $4/5$; base/ocelle postérieur-œil (POL/OOL) = $4/15$.

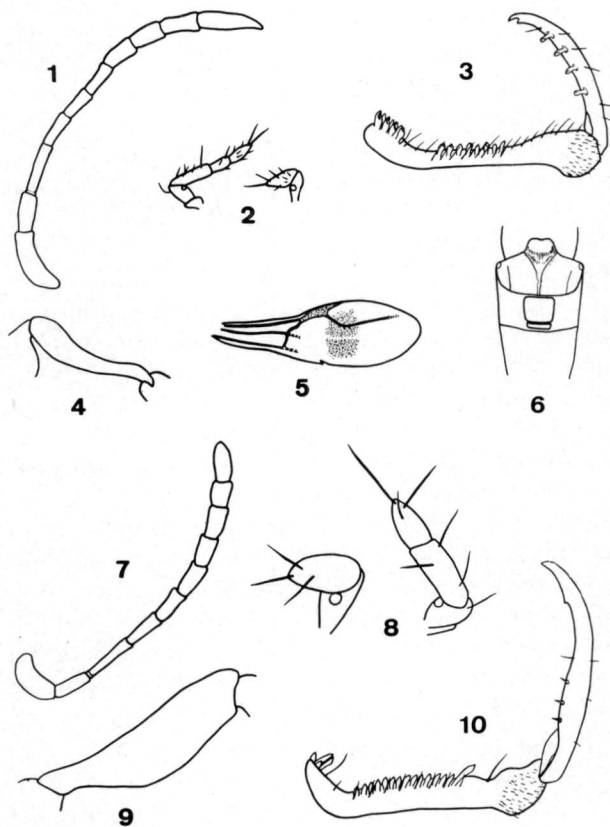
Antennes (deux spécimens) : 1,4-1-1,3-1-0,9-0,9-0,8-0,8-1 et 1,3-1-1,4-1-1-1-0,9-0,9-0,8-1,1.

Trochanter antérieur massif, avec la longueur du pédoncule proximal égal environ au quart de la longueur totale (fig. 4, 9) ; éperons des tibias : 1,0,1.

Chela : longueur du cinquième article du tarse égale à celle des trois précédents ; une seule rangée de lamelles, bordées de soies, se terminant du côté proximal par une lamelle deux fois plus longue que les autres ; cette dernière est soit juxtaposée à l'avant-dernière de la rangée, soit éloignée de celle-ci d'une distance pouvant égaler sa propre longueur ; le crochet porte sur son côté interne trois soies très fortes et une soie plus fine (fig. 4, 10).

Un holotype et un paratype, déposés au Museum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Hôte : *Adarrus taurus* RIBAUT (*Jassidae*). Durée de la nymphose : 45 jours.

FIG. 4. — *Pterogonatopus* nov. gen. *hortusensis* n. sp. ♀

- 1 : Antenne
- 2 : Palpes maxillaire et labial
- 3 : Chela
- 4 : Trochanter antérieur
- 5 : Aile antérieure
- 6 : Meso et métathorax

Neogonatopoides nov. gen. *claudiae* n. sp. ♀

- 7 : Antenne
- 8 : Palpes maxillaire et labial
- 9 : Trochanter antérieur
- 10 : Chela

7. — *Pterogonatopus* nov. gen.

Ailé ; mandibules quadridentées ; palpes maxillaires à cinq articles, palpes labiaux bi-segmentés ; vertex excavé entre les yeux ; collier du pronotum séparé du disque par une dépression accentuée par un sillon transversal ; notauli complets ; crochet de la chela avec des lamelles.

Ce genre est très voisin d'*Echthrodelpfax* PERKINS (ailé), dont les palpes maxillaires n'ont que quatre articles, et présente des affinités avec le genre *Donisthorpina* RICHARDS (aptère) par la structure de la chela.

Pterogonatopus hortusensis n. sp. (fig. 4, 1 à 6) :

Face, palpes et mandibules jaune-bruns, sauf dents des mandibules plus foncées ; vertex et pronotum jaunâtres à brunâtres ; mesonotum roux ; scutellum, post-scutellum et propodeum noirs ; pattes et antennes jaunes à brunâtres ; suture médiane du vertex se prolongeant jusqu'à la base du triangle ocellaire ; celui-ci est isocèle avec l'angle au sommet très aigu ; base/côté (trois spécimens) = 4/8, 4/8 et 5/9 ; base/ocelle postérieur-œil (POL/OOL) = 4/16, 4/18 et 5/20 ; antennes (deux spécimens) : 1,5-1-1,5-1-0,8-0,9-0,8-0,8-0,9-1,6 et 1,6-1-1,5-0,9-0,8-0,8-0,9-0,9-0,9-1,7.

Chela : cinquième article du tarse aussi long que les trois précédents ; il porte une rangée de huit lamelles (chiffre constant pour les trois spécimens capturés) bordée par une quinzaine de soies dont sept ou huit sont deux fois plus longues que les autres ; l'extrémité distale, légèrement recourbée, porte un groupe de six ou sept lamelles ; le crochet porte quatre lamelles espacées les unes des autres, et une soie entre la dent pré-apicale et la lamelle distale (fig. 4, 3).

Trochanter antérieur très allongé, avec le pédoncule proximal au moins égal à la moitié de la longueur totale ; éperons des tibias : 1,0,1.

Aile antérieure avec une bande brune transversale au niveau du pterostigma ; pterostigma très étroit ; radiale coudée au niveau de son tiers proximal ; costale, sub-costale, radiale, médiane et nervure anale, bien marquées et brunes (fig. 4, 5).

Notauli convergeant brusquement jusque vers le milieu du mesonotum, pour devenir progressivement parallèles et très rapprochés l'un de l'autre jusqu'à la bordure postérieure du mesonotum (fig. 4, 6) ; sillons parapsidaux incomplets ; scutellum quadrangulaire, lisse et brillant ; post-scutellum très étroit, quatre fois moins long que le scutellum ; propodeum chagriné, portant une dizaine de stries transversales sur sa moitié distale.

Un holotype et deux paratypes, déposés au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris.

Hôte : *Ribautodelphax imitans* RIBAUT (*Delphacidae*).

Trois spécimens obtenus à Montarnaud et sur le plateau de l'Hortus (Hérault). Durée de la nymphose (pour l'un d'eux) : 23 jours.

II. — DRYININI

Richardsidryinus corsicus (MARSHALL)

Redescription par L. MOCZAR (1965) à partir d'un spécimen unique. Cet auteur mentionne au sujet des notauli : « On the fore part of the mesonotum of the type (on the left side) can be seen namely a short trace of notaulices which disappears before the highest part of the mesonotum. On the right side of the mesonotum one cannot see such a trace even at 100 times magnification. This is only a deformation, not a specific feature. » La dernière remarque de la citation est effectivement confirmée par l'examen du spécimen obtenu dans la région languedocienne : on y observe en effet deux notauli incomplets et convergents, s'arrêtant peu avant le milieu du mesonotum. Les autres caractéristiques sont en accord avec celles données par MOCZAR.

Hôte : *Hysteropterum* A. S. sp. (*Issidae*)

Un seul spécimen a été obtenu, à la Figarière (Hérault). Formation du cocon le 26 juin et éclosion de l'adulte le 22 mars de l'année suivante, soit une durée de nymphose de neuf mois, y compris la diapause hivernale.

Cette espèce n'était connue que par l'holotype capturé par MARSHALL en 1870 en Corse, près d'Ajaccio, sur sol sablonneux avec graminées.

III. — ANTEONINI

Bocchus europaea BERNARD

Description par F. BERNARD (1939).

Ce genre aberrant (pour lequel on distingue parfois la tribu des *Bocchini*) a été provisoirement replacé par O. W. RICHARDS (1953) parmi les *Anteonini* dont il se distingue par les mandibules tridentées (quadridentées chez les *Anteonini*). Trop peu d'espèces sont connues dans le monde pour que l'on puisse actuellement définir clairement le statut de ce genre.

Hôte : *Caliscelis* LAP. sp. (*Issidae*).

Un seul spécimen a été obtenu, de Saint-Paul-et-Valmalle (Hérault).

Durée de la nymphose : 43 jours.

Reçu pour publication en octobre 1975.

SUMMARY

THE DRYININAE OF SOUTH FRANCE (HYM., BETHYLOIDEA, FAM. DRYNIDAE.)
BIOLOGICAL AND TAXONOMICAL NOTES ; DESCRIPTION OF TWO NEW GENUSES

Biological and taxonomical notes on the following species : *Neogonatopoïles* n. g. *claudiae* n. sp., *Pterogonatopus* n. g. *hortusensis* n. sp., *Gonatopus sepsoides* WESTWOOD (with special reference to its larval development, and description of the male), *Neogonatopus lunatus* (KLUG), *Neogonatopus distinguendus* (KIEFFER), *Neogonatopus glaber* (KIEFFER), *Pseudogonatopus separatus* RICHARDS, *Richardsidryinus corsicus* (MARSHALL) and *Bocchus europaea* (BERNARD).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERLAND L., 1928. Hyménoptères vespiformes. II. *Faune de France*, Paris, VIII.
BERNARD F., 1932. Remarques sur le comportement de *Platygonatopus polychromus* MARSHALL (Hym., Dryinidae). *Bull. Soc. entomol. Fr.*, **37**, 71-73.
BERNARD F., 1935. Hyménoptères nouveaux ou peu connus rencontrés à Fréjus (Var). *Bull. Soc. Entomol.*, **A.**, **40**, 40-42, 6 figures.
BERNARD F., 1939. Notes sur les dryinides du littoral méditerranéen. *Bull. Soc. Entomol. Fr.*, **44**, 108-113.

- FENTON F. A., 1918. The parasites of leafhoppers, with special reference to the biology of the *Anteoninae*. Ohio Nat. Colombus 18, Part I, p. 177-212; Part II, p. 243-278; Part III, p. 285-291.
- HEIKINHEIMO O., 1957. *Dicondylus linberghi* n. sp. (Hym. Dryinidae), a natural enemy of *Delphacodes pellucida* F. *Ann. entomol. fenn.*, **23**, 77-85.
- KIEFFER J. J., 1904. *Proctotrupidae*. in ANDRÉ E. : *Species des Hyménoptères d'Europe et d'Algérie*, **9**, 551 p.
- KIEFFER J. J., 1914. *Bethylidae*. Das Tierreich 41. Lieferung, 595 p.
- MANEVAL H., 1935. Béthylides, Dryinides et Embolémides nouveaux ou peu connus. *Ann. Soc. entomol. Fr.*, **104**, 1-10.
- MOCZAR L., 1965. Remarks on some types of *Dryinini* and *Gonatopodini* (Hym.). *Ann. hist. nat. Mus. nation. hungar.*, **57**, 375-406.
- PICARD F., 1932. Note sur divers Dryinides nouveaux ou peu connus de France et de Belgique. *Bull. Soc. entomol. Fr.*, **37**, 29-31.
- RICHARDS O. W., 1939. The British *Bethylidae* (s.l.). *Trans. R. entomol. Soc.*, London, **89**, 185-344.
- RICHARDS O. W., 1953. The classification of the *Dryinidae* (Hym.) with descriptions of new species. *Trans. R. Entomol. Soc., London*, **104**, 51-70.
-

EFFECTS OF GAMMA RADIATION
ON THE REPRODUCTIVE ORGANS
OF THE SOUTHERN COWPEA WEEVIL
CALLOSOBRUCHUS MACULATUS F.

M. Y. Y. AHMED ⁽¹⁾, E. A. ELBADRY and Y. S. SALEM

Plant Protection Dept.,
Faculty of Agric., Ain Shams Univ.,
Cairo (Egypt)

SUMMARY

Pupae of the southern cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F. exposed to the sterilizing dose (3 000 rad) from Co⁶⁰ gamma radiation gave rise to adults in which the first mature oocyte was retarded. The first mature oocyte began to appear after 51 hours. Exposure to the dose 10 000 rad prevented egg formation in the resulting weevils. Soon after emergence normal weevils had a mature oocyte in each ovariole. Doses of gamma rays tested decreased the size of testes treated in the pupal stage.

INTRODUCTION

In recent years, many insect species have been sterilized by treatments with gamma radiation or chemicals, most of them alkylating agents or antimetabolites. These compounds may induce sterility in the female by inducing dominant lethal mutations in the chromosomes of the eggs that are produced or by interrupting oogenesis which results in reduced fecundity, ERDMAN (1966); ABDEL ME-GEED (1971); LACHANCE and RIEMANN (1964); ASHRAFI *et al.* (1972).

The present study was conducted to investigate the effect of gamma radiation on the reproductive organs of the southern cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F.

⁽¹⁾ U. S. D. A., Stored-product Insects Research and Development Lab., 3401 Edwin Ave., Savannah, G. (U. S. A.)

MATERIALS AND METHODS

The mass culture of the southern cowpea weevil, *C. maculatus* was maintained in the laboratories of the Atomic Energy Establishment, Cairo, Egypt. Mated females were allowed to oviposit on clean cowpeas in a jar for one day, after which the females were removed. Seeds were incubated at 25°C and 75 p. 100 RH. After 22 days from egg laying, seeds which contained pupae were irradiated at the following doses : 0, 3, and 10 Krad. The second dose induced complete sterility, and the third prevented egg laying in the resulting females. Five emerged weevils were dissected in a saline solution (7.5 g NaCl, 0.1 g NaHCO₃, 0.2 g KCl, 0.2 g CaCl, 1 000 cc H₂O), after different intervals from emergence ; 0, 4, 6, 24, 51, 72, and 144 hours. The ovaries and/or testes were removed, and placed in a drop of saline on a glass slide.

The proportional dimensions of the reproductive system were measured in normal and irradiated insects.

Different parts included length and width of mature and immature oocytes, germarium zone, length of the ovariole, and the length and width of the testes.

RESULTS

Ovarioles dissected soon after emergence :

Results pertaining to insects studied immediately after emergence are presented in table 1. The ovariole of the untreated female includes one mature oocyte ready for deposition. The first egg chamber is rather circular or oval in shape (fig. 1 A).

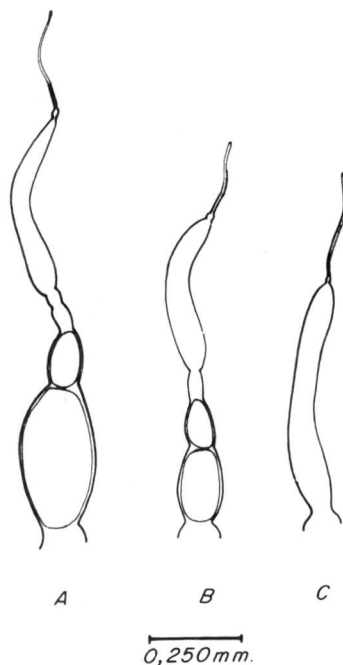


FIG. 1. — Ovarioles dissected soon after emergence

A : Normal ovariole
B : Treated with 3 Krad
C : Treated with 10 Krad

TABLE I

Effects of gamma radiation on anatomical structure of the ovarioles of C. maculatus

Dose (rad)	Age of females (Hours after emergence)																				
	0			4			6			24			51			72			144		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
0	1.42	0.65	0.43	1.39	0.63	0.43	1.39	0.59	0.44	1.35	0.58	0.38	1.34	0.57	0.40	1.32	0.48	0.37	1.14	0.54	0.39
3 000	0.94	0.50	—	0.98	0.66	—	0.97	0.62	—	0.94	0.59	—	0.98	0.62	0.34	0.92	0.49	0.33	0.91	0.49	0.29
10 000	0.78	—	—	0.78	—	—	0.79	—	—	0.71	—	—	0.70	—	—	0.68	—	—	0.60	—	—

(1) Average length of the ovariole (mm).

(2) Average length of the germarium zone (mm).

(3) Average length of mature oocyte (mm).

* Undetectable zones of the ovariole.

This change in shape from circular to oval occurs normally indicating that the process of vitellogenesis is taking place. Mature oocyte reaches 0.43 mm in length.

The results show that the mature oocyte has been repeatedly formed in the untreated ovarioles but it is lacking in the ovarioles of either treated group. Untreated ovarioles contain 2nd egg chambers that are clearly formed and usually seen separated from the germarium. Ovarioles dissected from females treated as pupae with 3 000 rad included immature oocyte only (fig. 1 B), whereas those dissected from females treated as pupae with 10 000 rad contained completely degenerated oocyte (fig. 1 C). The later case, the ovarioles appeared abnormal because they lacked the typical egg follicle.

The total length of ovarioles treated with 0, 3, and 10 Krad reached immediately after emergence 1.42, 0.94 and 0.78 mm, respectively. The germarium zone of untreated females measured 0.65 mm in length, while it reached 0.50 mm in females exposed to 3 000 rad.

Ovarioles dissected after 51 hours :

The first mature oocyte began to appear in ovarioles which were treated with 3 000 rad after 51 hours.

Insects which received 10 000 rad suffered from absence of both oocytes and follicles. Length of the treated germarium zone with 3 000 rad exceeded that in the control. This may reflect the fact that vitellogenesis and the formation of the follicles were prevented, but perhaps oocytes still remained in the germarium. There was an appreciable difference in the egg chambers between the control and those treated with 3 Krad.

Ovarioles dissected after 144 hours :

Untreated females at this age consistently possessed ovarioles with one mature oocyte. Mature oocyte of untreated females measured 0.39 mm in length, while it reached 0.29 mm in females treated at 3 000 rad. The ovarioles dissected

TABLE 2

Changes of the testes of C. maculatus as affected by different doses of gamma radiation

Dose (rad)	Age of males (hours after emergence)													
	0		4		6		24		51		72		144	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
0	0.56	0.69	0.47	0.64	0.46	0.65	0.42	0.60	0.38	0.59	0.40	0.55	0.38	0.51
3 000	0.36	0.44	0.37	0.49	0.35	0.46	0.36	0.49	0.36	0.48	0.35	0.41	0.30	0.37
10 000	0.33	0.44	0.32	0.44	0.30	0.41	0.30	0.41	0.30	0.40	0.30	0.40	0.26	0.35

(1) Length of the testes (mm).

(2) Width of the testes (mm).

from females treated as pupae with 10 000 rad had no oocytes within follicles. It appeared that this dose prevented the formation of oocytes and follicles.

Effects of Radiation on Testes :

Examination of the testes taken from males at the previously mentioned intervals, when treated as pupae with 0,3 and 10 Krad revealed that the testes are rather sensitive to gamma radiation. The results are summarized in table 2. Testes which received 3 000 rad attained a smaller size as compared to normal. The treated organ reached 0.36 mm in length and 0.44 mm in width as compared with 0.56 and 0.69 mm in the control group. The higher the dose the smaller the size reached by the testes. For example, adult males which received 10 000 rad, as pupae gave rise to very small testes, *i.e.* 0.33 mm in length and 0.44 mm in width, table 2.

DISCUSSION

The size of testes after emergence decreased with time in the treated and untreated control. The size of testes was adversely affected according to the exposure dose at any time during the present study. The higher the dose, the smaller the size of testes. This may be due to the effect of gamma radiation on the amount of sperm bundles produced from gonial cells. This agreed with the results of CANTWELL and HENNEBERRY (1963) on male adult of *Drosophila melanogaster* fed on a diet containing 1 p. 100 of the alkalating agent, apholate ; SCHWARTZ (1965) on the adult eye-gnat, *Hippelates pusio* (LOEW) fed on 0.1 p. 100 metepa or tepa contained in sugar-water ; HEDIN *et al.* (1967) on 1-day-old male, *Anthonomus grandis* BOHEMAN, by tepa injection. ASHRAFI *et al.* (1972) found that radiation caused gross damage to the testes of treated larvae of *Plodia interpunctella* HB. and many of the gonial cells were killed.

The length of ovarioles decreased with the increase of dose and with the time elapsing after emergence in the treated and untreated weevils. Females treated with 10 Krad in the pupal stage had no mature oocyte.

Inhibition of ovarian growth can occur because of severe damage to the oogonia. Normal oogenesis is dependent on continued mitotic division of gonial cells. Both irradiation and chemical mutagens produce death or inhibit division of gonial cells.

In earlier radiation studies with the screw-worm fly (LACHANCE and BRUNS, 1963), the stage during which the egg chambers contain nurse cells undergoing endomitotic replications of chromosomal material (adults 0-4 hr old) was the most radiosensitive. Irradiation then was more likely to be followed by infecundity than irradiation with an equivalent dose administered before endomitosis began (5-day-old pupae) or after it had been completed (2-day-old adults).

RÉSUMÉ

EFFETS DES RADIATIONS GAMMA
SUR LES ORGANES REPRODUCTEURS DE *CALLOSOBRUCHUS MACULATUS* F.

Des nymphes de *Callosobruchus maculatus* F. exposées à une dose stérilisante (3 000 rad) de radiation gamma de Co^{60} ont donné des adultes chez lesquels la maturation du 1^{er} ovocyte était retardée. Elle avait lieu après 51 h. L'exposition à la dose de 10 000 rad empêche la formation des œufs chez les bruches. Aussitôt après l'émergence les insectes normaux ont un ovocyte mûr dans chaque ovariole. Les doses de rayons gamma utilisées diminuent la taille des testicules traités au stade nymphal.

REFERENCES

- ABDEL-MEGEED M. I., 1971. *Effect of chemosterilants on certain cotton pests*. Ph. D. Thesis submitted to Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Cairo, Egypt.
- ASHRAFI S. H., BROWER J. H., TILTON E. W., 1972. Gamma radiation effects on testes and on mating success of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. *Ann. Ent. Soc. Am.*, **65**, n° 5, 1144-1169.
- CANTWELL G. E., HENNERBERRY J. J., 1963. The effects of gamma radiation and apholate on the reproductive tissues of *Drosophila melanogaster* (MEIGEN). *J. Insect. Path.*, **5**, 251-64.
- ERDMAIN H. E., 1966. Effects of dimethylsulfoxide on reproductivity of α -irradiated flour beetles. *Biol. Bull.*, **130**, 157-69.
- HEDIN P. A., WIYGUL G., VICKERS D. A., BARTLETTE A. C., MITLIN N., 1967. Sterility induced by tepa in the boll weevil. Effective dose and permanency, gonadal changes and biological turnover of labelled compound. *J. Econ. Ent.*, **60**, 209-14.
- LACHANCE L. E., BRUNS S. B., 1963. Oogenesis and radiosensitivity in *Cochliomyia hominivorax* (Diptera : Calliphoridae). *Biol. Bull.*, **124**, 65-83.
- LACHANCE LEO E., RIEMANN J. G., 1964. Cytogenetic investigations on radiation and chemically induced dominant lethal mutations in oocytes and sperm of the screw-worm fly. *Mutat. Res.*, **1**, 318-33.
- SCHWARTZ P. H. jr, 1965. Effects of apholate, metepa, and tepa on reproductive tissues of *Hippelatus pusio*. *J. Invertebr. Pathol.*, **7**, 148-51.

CHRONIQUE DES LIVRES

FRETTER (V.), GRAHAM (A.). — A FUNCTIONAL ANATOMY OF INVERTEBRATES. — London, New York, San Francisco, Academic Press, 1976, 589 p.

Dans de nombreuses études de zoologie des invertébrés qui décrivent la structure des animaux et leur classification, les détails anatomiques sont considérés uniquement en fonction de leur importance en tant que caractères taxonomiques. Cette conception ne tient pas compte des relations intimes qui existent entre l'organisation anatomique des animaux et leurs activités ni des influences réciproques qu'elles exercent les unes sur les autres. Elle ne fait pas apparaître non plus le fait que les dispositions anatomiques trouvées chez les animaux sont en grande partie le résultat d'une longue sélection naturelle de la fonction en relation avec le mode de vie.

L'importance et l'originalité de ce livre résident dans son approche « fonctionnelle » de l'étude de l'anatomie des invertébrés, dans le point de vue « d'ingénierie du vivant » qui donne une idée plus juste de la manière de vivre de chaque animal. Il traite de tous les groupes importants d'invertébrés et est illustré de 212 figures exécutées d'après des animaux entiers ou d'après des coupes. Ce n'est pas un ouvrage destiné à un débutant car la connaissance des termes techniques et des principes de base est considérée comme acquise. Il est plutôt conçu comme un livre de référence à l'usage des étudiants de zoologie et de biologie. Les écologistes, les physiologistes et même les paléontologistes le consulteront avec profit.

Paris, ACTA. — LES POSSIBILITÉS DE REMPLACEMENT D'UNE CULTURE ACCIDENTÉE (3^e édition, avril 1976), 49 p., 15 F franco.

Le Groupe de Travail Herbicides-Sols du COLUMA et l'ACTA viennent de faire paraître, la troisième édition de la plaquette sur *les possibilités de remplacement d'une culture accidentée désherbée avec un herbicide persistant*.

Cette troisième édition synthétise les informations recueillies au cours d'une enquête menée en 1973, les résultats des expérimentations mises en place par les Instituts Techniques et les firmes ainsi que les observations communiquées par les utilisateurs depuis la parution de la 1^{re} édition.

Son contenu a été réexaminé en fonction de l'expérience acquise en ce domaine, pendant les trois dernières années.

INFORMATIONS

L'Institut Technique de l'Aviculture a le plaisir de vous informer de la parution prochaine d'une brochure intitulée « le pigeon de rapport ».

Cet ouvrage a été conçu et réalisé par M. CORCELLE, éminent spécialiste de cet élevage, ingénieur agricole et généticien spécialisé dans l'Aviculture depuis 16 ans.

« Au sommaire de l'ouvrage » :

Anatomie — physiologie — génétique — races de rapport — bâtiments — nourriture — maladies — la conduite d'un élevage — le pigeonneau de consommation, toutes ces rubriques largement détaillées.

Cette publication est proposée en souscription au prix exceptionnel de 70,00 F.

Ce prix de faveur est un prix de lancement réservé aux seuls souscripteurs, et les souscriptions doivent parvenir à l'I.T.A.V.I. avant le 20 février 1976.

CONTENTS

P. GRISON, D. MARTOURET, B. SERVAIS, Monique DEVRIENDT. — Pesticides and environment	133
J.-P. NENON. — Changes in the rate of polyembryony of the parasitoid <i>Ageniaspis fuscicollis</i> DALM. according to the developmental temperature of its hosts	161
D. MUGNIERY, Hélène ZAOUCHI. — Critical study of the cyst nematode sampling in the soil and of the confidence of the various criteria for estimating the populations	177
D. MUGNIERY, Hélène ZAOUCHI. — Study of the different standard and mixed criteria for estimating the cyst nematodes populations in the soil. Use of a contamination criterion	197
J.-P. VINCENT. — Muskrat behaviour (<i>Ondatra zibethicus</i>) towards baits proposed on rafts	211
S. HASAN. — Study of the passage of a plant pathogenic fungus, <i>Colletotrichum lagenarium</i> through the gut of <i>Euparypha pisana</i>	221
R. RIEUX. — <i>Matsucoccus pini</i> GREEN (1925) (Homoptera, Margarodidae) in south eastern France intraspecific variations. Comparison with the more related species	231
H. ABDUL-NOUR. — The <i>Dryininae</i> of south France (Hym., Bethyloidea, Fam. Dryininae) biological and taxonomical notes ; description of two new genres	265
M. Y. Y. AHMED, E. A. ALBADRY, Y. S. SALEM. — Effects of gamma radiation on the reproductive organs of the southern cowpea weevil <i>Callosobruchus maculatus</i> F.	279
<i>Books review</i>	285
<i>Informations</i>	287

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 29,7, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles *séparées* seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

À *début de chaque mémoire*, on indiquera : — *le titre du mémoire* : il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs*, précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; — *le nom de l'établissement*, dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les *mémoires* seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :

a) *résumé* : (250 mots max.) suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé*, en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats*, à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusions* ; f) *titre et résumé* anglais ou destinés à être traduits en anglais comportant une analyse complète de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborateurs, les fonds, les dons... ; h) *références bibliographiques*.

Les *travaux originaux en anglais* doivent présenter la même composition que les *mémoires* rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un *résumé français très complet*. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les *autres documents* (notes, mises au point, revues, rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les *références bibliographiques* doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* À la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les *articles* : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé, selon la *World List of Scientific Periodicals*, ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les *ouvrages* : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d'« Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les *tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies*, doivent être fournis *à part*. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les *graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils* seront envoyés soit à l'état définitif soit à l'état de projets, leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : soit $\times 0,5$, soit $\times 0,25$.

Il est rappelé que le format utile des *Annales* est : 19 × 12,5 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos : 9 × 12 ; 4 photos : 9 × 5,5 ; 6 photos : 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Il est demandé d'indiquer sur le manuscrit, dans la marge, en regard du texte, l'emplacement souhaité pour les tableaux et figures.

Envoi du manuscrit : M. BILIOTTI, Centre national de Recherches agronomiques, 78000 Versailles, France. On demande deux exemplaires.

Correction des épreuves : les épreuves que les auteurs recevront à corriger sont à retourner, après correction, à cette même adresse.

Le Directeur de la publication : M.-L. CAGNAC

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 9-1976

Dépôt légal : 3^e trimestre 1976. N° d'impression : 1206

CPPAP n° 47721

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1976	France	Étranger	Le N°
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 n° par an	270 F	296 F	65 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 n° par an	210 F	232 F	65 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 n° par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES DE ZOOLOGIE - ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 n° par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 n° par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 n° par an	210 F	232 F	65 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE, 6 n° par an (1)	270 F	296 F	65 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 n° par an	210 F	232 F	65 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 n° par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES, 4 n° par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES D'HYDROBIOLOGIE, 2 n° par an	125 F	140 F	85 F

(1) En 1976, les *Annales de Biologie animale*, *Biochimie*, *Biophysique* passent de 4 n° à 6 n°.

PAIDOLOGIE, 4 n° par an — Abonnement : France : 60 F — Étranger sauf R. F. A. : 70 F
 — Le numéro : France : 20 F — Étranger sauf R. F. A. : 25 F

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Carte pédologique de France à 1/100 000. Condon H-21 et notice explicative, par J. Seguy. 152 p. et une carte, 1975	53,50 F
Carte pédologique de France à 1/100 000. Angoulême H-16 et notice explicative, par G. Callot. 171 p. et une carte, 1975	53,50 F
Carte pédologique de France à 1/100 000. Moulins L-14 et notice explicative, par J. C. Favrot. 177 p. et une carte, 1974	53,50 F
Carte pédologique de France à 1/100 000. Toulon P-23 et notice explicative, par J. Portier. 107 p. et une carte, 1974	53,50 F
Journées d'information sur l'alimentation azotée des animaux, Paris, 21-22 novembre 1973. 141 p., 1974	52,00 F
L'I. N. R. A. au service des Industries agricoles et alimentaires. Inventaire des Recherches. 266 p., 1974	35,00 F
Symposium international sur la conservation des grains récoltés humides, Paris, 5-10 mars 1973. 762 p., 1973	150,00 F
Le Pois. Étude génétique des caractères, classification, caractéristiques variétales portant sur les variétés inscrites au catalogue officiel français, par R. Cousin. 111 p. et 140 fiches, 1974	150,00 F
Contribution à l'étude de la Faune de France. Systématique de la tribu des Scymnini (Coccinellidae), par J. M. Gourreau. 223 p., 1974	85,00 F
Les arbres et arbrisseaux acclimatés en région méditerranéenne française. Catalogue commenté, par P. Augé, P. Allemand, R. Hamès. 144 p., 1973	58,85 F
Colloque sur l'ovogenèse et la folliculogenèse, Nouzilly, 14-16 déc. 1972. 258 p., 1973	120,00 F
Protoplastes et fusion de cellules somatiques végétales, Versailles, 11-15 septembre 1972. Coédition I. N. R. A.-C. N. R. S. 549 p., 1973	160,50 F
Recherches acridiennes à Madagascar. 262 p., 1972	80,00 F
IV^e Conférence du groupe international d'étude des virus et des maladies à virus de la vigne, Colmar 16-18 juin 1970. 211 p., 1972	60,00 F

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.
 Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
 Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
 A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot.

TABLE DES MATIÈRES

P. GRISON, D. MARTOURET, B. SERVAIS, Monique DEVRIENDT. — Pesticides microbiens et environnement	133
J.-P. NÉNON. — Variations du taux de polyembryonie du parasitoïde <i>Ageniaspis fuscicollis</i> DALM. (Hyménoptère, Encyrtidé) selon la température de développement de ses hôtes	161
D. MUGNIERY, Hélène ZAOUCHI. — Étude critique de la méthode d'échantillonnage des nématodes à kystes dans le sol et de la validité des différents critères d'estimation des populations	177
D. MUGNIERY, Hélène ZAOUCHI. — Étude des différents critères, simples et mixtes d'estimation des populations de nématodes à kystes dans le sol. Utilisation d'un indice d'infestation	197
J.-P. VINCENT. — Comportement du Rat musqué (<i>Ondatra zibethicus</i>) vis-à-vis d'appâts offerts sur radeaux	211
S. HASAN. — Dissémination de champignons phytopathogènes par les gastéropodes. Étude du passage de <i>Colletotrichum lagenarium</i> par le tube digestif de <i>Euparypha pisana</i> ..	221
R. RIEUX. — <i>Matsucoccus pini</i> GREEN (1925) (Homoptera, Margarodidae) dans le Sud-Est de la France. Variations intraspécifiques. Comparaison avec des espèces les plus proches	231
H. ABDUL-NOUR. — Les <i>Dryininae</i> du Sud de la France (HYM., Dryinidae). Notes taxonomiques et biologiques : description de deux nouveaux genres	265
M. Y. Y. AHMED, E. A. ELBABRY, Y. S. SALEM. — Effects of gamma radiation on the reproductive organs of the southern cowpea weevil <i>Callosobruchus maculatus</i> F. (Effets des radiations gamma sur les organes reproducteurs de <i>Callosobruchus maculatus</i> F).	279
Chronique des livres	285
Informations	287

Contents, see at the end of the issue

Les Annales de Zoologie - Écologie animale figurent dans Current Contents